SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Joško Nižić

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Student:

Dr. sc. Vladimir Soldo, dipl. ing. Joško Nižić

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija, te literaturu navedenu na kraju ovog rada.

Zahvaljujem se na pomoći mentorima dr.sc. Vladimiru Soldi, dr. sc. Marinu Grozdeku i prof. Tonku Ćurku čiji su savjeti bili od neprocjenjive vrijednosti.

Posebne zahvale dugujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci tijekom svih ovih godina studiranja.

Joško Nižić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum 26 -11- 2015	Prilog
Klasa: 602-04/15-6/3	
Ur.broj: 15-1703-15-422	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: JOŠKO NIŽIĆ Mat. br.: **0035167048**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Kaskadni rashladni sustav CO_2/R134a**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Cascade refrigeration system CO_2/R134a**

Opis zadatka:

U radu je potrebno projektirati rashladni sustav za skladištenje svježe i smrznute robe supermarketa površine 1728 m^2. Radna tvar donje kaskade je ugljikov dioksid, dok je radna tvar gornje kaskade R134a.
Rashladne prostore čine skladišne rashladne komore, manipulativni prostor i rashladne vitrine.

Kondenzator rashladnog uređaja hlađen je okolišnim zrakom. Rashladno postrojenje nalazi se na području grada Zagreba.

Građevinske podloge supermarketa preuzeti kod mentora.

Rad treba sadržavati:

1. Specifičnosti primjene CO_2 kao prirodne radne tvari u kaskadnim rashladnim uređajima.
2. Toplinski proračun rashladnih vitrina za svježu robu i duboko smrznutu robu.
3. Termodinamički proračun komponenti rashladnog uređaja.
4. Shemu spajanja i automatske regulacije rashladnog sustava.
5. Radionički crtež kondenzatora donje kaskade (isparivač gornje kaskade).
6. Dispozicijski crtež strojarnice.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:	Rok predaje rada:	Predviđeni datumi obrane:
24. rujna 2015.	26. studenog 2015.	2., 3. i 4. prosinca 2015.

Zadatak zadao:
V. Soldo
Dr.sc. Vladimir Soldo, izv.prof.

Predsjednica Povjerenstva:
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

POPIS SLIKA I DIJAGRAMA

POPIS TABLICA

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

BROJ CRTEŽA	Naziv iz sastavnice
01 – 2015	Instalacijski plan
02 – 2015	Shema razvoda cjevovoda
03 – 2015	Shema strojarnice
04 – 2015	Kondenzator donje kaskade (isparivač gornje kaskade)
05 – 2015	Dispozicijski nacrt strojarnice

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
T_k	[°C]	temperatura kondenzacije
T_o	[°C]	temperatura isparavanja
T_h	[°C]	temperatura hlađenja
T_{poth}	[°C]	temperatura pothlađenja
T_{pre}	[°C]	temperatura pregrijanja
ϕ_o	[W]	učin isparivača
q_o	[kJ/kg]	specifični učin isparivača
Φ_k	[W]	učin kondenzatora
q_k	[kJ/kg]	specifični učin kondenzatora
q_m	[kg/s]	maseni protok radne tvari
P	[W]	snaga kompresora
d	[m]	promjer cjevovoda
A	[m^2]	površina poprečnog presjeka cjevovoda
ρ	[kg/m^3]	specifična gustoća radne tvari
v	[m/s]	brzina radne tvari u cjevovodu
L	[m^3/h]	volumni protok radne tvari u kondenzatoru
n	[min^{-1}]	brzina vrtnje ventilatora kondenzatora
G	[kg]	težina kondenzatora
p	[bar]	Protočna količina zraka
h	[kJ/kg]	Protočna količina dobavnog zraka
s	[kJ/kgK]	Protočna količina odsisanog zraka

SAŽETAK

U ovom radu je projektiran sustav za hlađenje i skladištenje hrane za potrebe supermarketa ukupne površine 1800 m^2. Projektirano je rashladno postrojenje koje ima namjenu hlađenja rashladnih komora u kojima se skladište proizvodi te hlađenja rashladnih vitrina u prodajnom prostoru. Rashladno postrojenje se sastoji od rashladnog agregata u tehničkoj prostoriji, zrakom hlađenog kondenzatora i rashladnih potrošača tj. rashladnih komora u pomoćnim prostorima i rashladnih vitrina u prodajnom prostoru .

Osim rashladnog postrojenje u tehničkoj prostoriji su smješteni glavni razvodni ormar te ostali potrebni upravljački i sigurnosni ormari.

Sustav je kaskadan, u gornjem dijelu kaskade se nalazi R134a te u donjoj ugljik dioksid (CO_2, R744) kao radna tvar.

Izvršen je toplinski proračun kaskadnog sustava u svrhu odabira kondenzatora gornje kaskade i kompresora gornje i donje kaskade. Pomoću zadanih rashladnih kapaciteta skladišnih prostora i rashladnih vitrina proračunate su dimenzije cjevovoda, odabrani su isparivači za skladišne prostore, odabrane su rashladne vitrine, te je izvršen proračun i odabir kompresorskih multisetova za oba dijela kaskade.

Odabrane su komponente iz važećih kataloga proizvođača rashladne opreme. Prikazane su sheme spajanja rashladne opreme i automatske regulacije, dispozicijski crtež plana postavljanja rashladne opreme unutar i izvan prostora komora te dispozicijski crtež strojarnice. U radu je opisan način funkcioniranja postrojenja, način regulacije, proračun i dimenzije cjevovoda.

1. UVOD

Hlađenje je nužnost današnjih klimatskih i životnih prilika. Smanjenjem temperature produljujemo postojanost hrane, budući da na taj način usporavamo kemijske reakcije i kvarenja hrane uslijed utjecaja bakterija. Zaleđivanjem se vijek hrane još više produžava. Hlađenjem i zamrzavanjem hrane ne može se poboljšati kvaliteta hrane nego se može očuvati što bolja kvaliteta hrane koja je ušla u proces hlađenjem.

Zamrzavanje je anabiotički postupak konzerviranja, što znači da cilj zamrzavanja nije uništiti mikroorganizme već stvoriti uvjete koji onemogućuju njihovu aktivnost. Zamrzavanjem se na niskoj temperaturi gotovo potpuno zaustavljaju sve biokemijske i fermentacijske promjene kao i djelovanje svih mikroorganizama unutar namirnice. Najbolji način konzerviranja hrane je zamrzavanje jer se tada najbolje očuvaju osnovni sastojci i labilne komponente kao što su vitamini. Proces zamrzavanja mora biti brz da se ne bi oblikovali ledeni kristali koji bi uništili stanične strukture. Upravo se zbog te činjenice u namirnicama može sačuvati više minerala i vitamina nego bilo kojom drugom metodom konzerviranja. Ako je brzina zamrzavanja veća stvara se veći broj kristalizacijskih centara, što znači da će kristali leda biti sitniji. Ovi sitni kristali leda su ravnomjerno raspoređeni kako u samoj ćeliji tako i u među ćelijskim prostorima. U ovom slučaju uslijed velike brzine zamrzavanja procesi difuzije nemaju vremena da se obave. Dakle, voda se zamrzava tamo gdje se prirodno nalazi u namirnici.

U domaćinstvu su za hlađenje i smrzavanje namirnica koriste kućanski hladnjaci i zamrzivači (riječ frižider dolazi od imena tvornice „Frigidaire“) dok u supermarketima za čuvanje hlađene robe koriste se rashladne komore i vitrine u prodajnom prostoru.

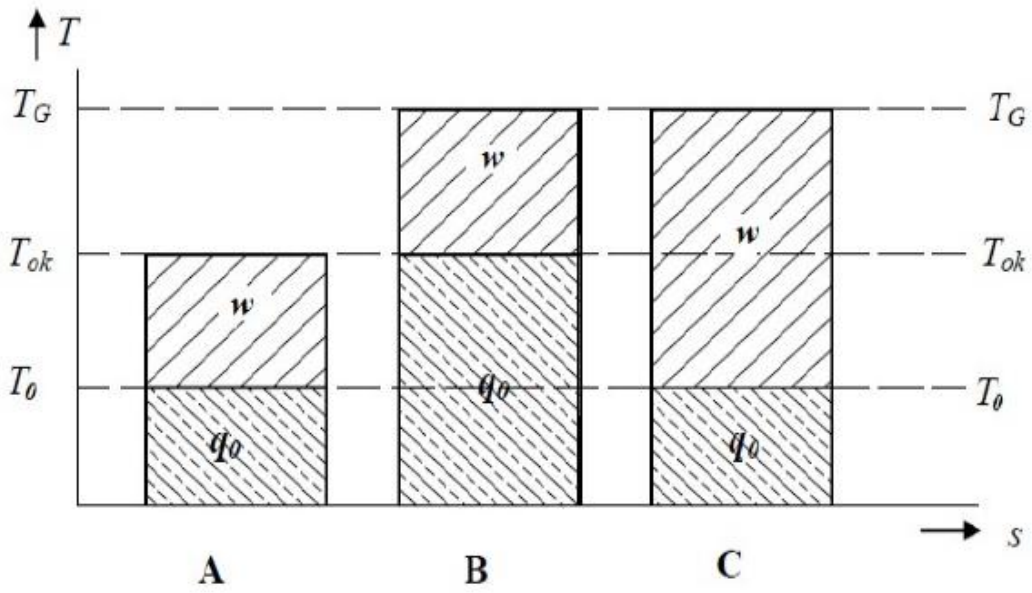
Veliki dio namirnica u supermarketima radi očuvanja kvalitete i produljenja roka trajanja treba hladiti. Veliki broj prehrambenih proizvoda ima točno određenu temperaturu na kojoj se mora držati i koja je u malom rasponu, kod nekih namirnica koje su lako kvarljive to je samo 2 °C. Da hlađenje hrane produžava vijek trajanja poznato je od davnina ali tek u 18.st. je i znanstveno objašnjeno. Hlađenju hrane u supermarketima se danas predaje velika pažnja jednim dijelom radi zadržavanja kvalitete proizvoda i dužeg čuvanja, što daje prednost nad konkurencijom, a drugim djelom radi potrošnje energije potrebne za hlađenje.

2. OPIS RASHLADNOG PROCESA

Rashladni proces je ljevokretni proces pomoću kojega je moguće ostvariti rashladni učinak Φ_0 pri temperaturi $T_0 < T_{ok}$. Kako će proces biti postavljen ovisi o izboru radne tvari koja kruži rashladnim sustavom, o željenoj temperaturi T_0 pri kojoj mora biti ostvaren Φ_0, o načinu na koji se predaje toplina Q_0 u procesu, o vrsti utrošene kompenzacijske energije ΔQ te o načinu odvođenja topline u okoliš Q_k.

Zbog sposobnosti ljevokretnih rashladnih procesa da uz utrošak energije podižu toplinu s niže na višu temperaturnu razinu, nazivaju se i dizalicama topline. Iako se svakim ljevokretnim kružnim procesom prenosi toplina s niže na neku višu temperaturu, razlikuju se tri vrste takvih procesa:

1. Kada se takvim kružnim procesom prenosi toplina s niske temperature na višu okolišnu temperaturu, proces se naziva rashladnim procesom.
2. Ukoliko se takvim kružnim procesom prenosi toplina s okolišne na neku višu temperaturu, npr. radi grijanja, takav se proces naziva ogrjevnim procesom, a uređaj se obično naziva dizalicom topline.
3. Treća vrsta procesa su ogrjevno – rashladni procesi kod kojih se toplina prenosi s temperature niže od okolišne na temperaturu višu od okolišne.



Slika 1. Rashladni proces (A), ogrjevni proces (B) i ogrjevno-rashladni proces (C) u T-s dijagramu [1]

2.1. Kaskadni rashladni sustav

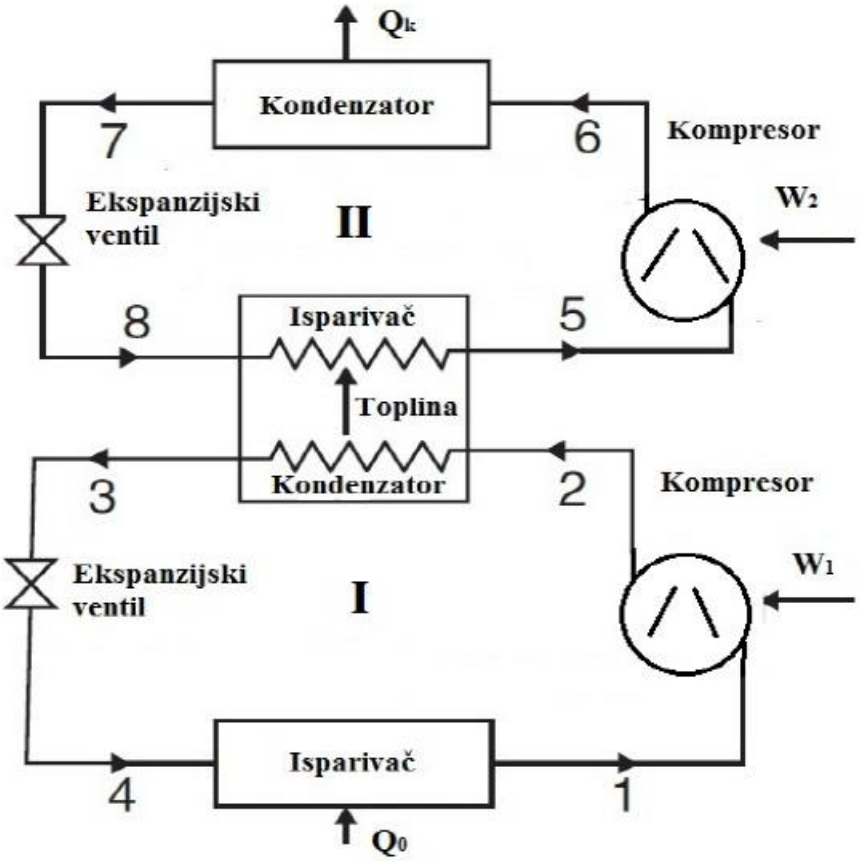
U određenim industrijskim aplikacijama javlja se potreba za vrlo niskim temperaturama hlađenja (npr. -70°C do -100°C) pri čemu jednostupanjski kompresijski rashladni proces postaje nepraktičan. Supermarketi su veliki potrošači električne energije i ubrajaju se među najveće potrošače u komparaciji komercijalnih građevina.

Kaskadni sustavi se uobičajeno ne koriste za komercijalne primjene u supermarketima s tradicionalnim rashladnim tvarima. Postoji nekoliko razloga za to, prvi je što za potrebe servisa nužno imati dvije različite rashladne tvari za jedan sustav, a drugi je složeniji sustav upravljanja, posebno regulacija oko kaskadnog izmjenjivača topline. U isto vrijeme koristeći CO_2 u kaskadnim sustavima daje niz prednosti:

- Učinkovitost sustava je visoka, čak i u toplim klimatskim uvjetima
- Potrebna mala količina radne tvari u gornjem krugu kaskade
- Relativno niska temperaturna razlika na kaskadnom izmjenjivaču topline
- U gornjem krugu kaskade se mogu koristiti razne radne tvari eksplozivni HC / HFC ili NH3

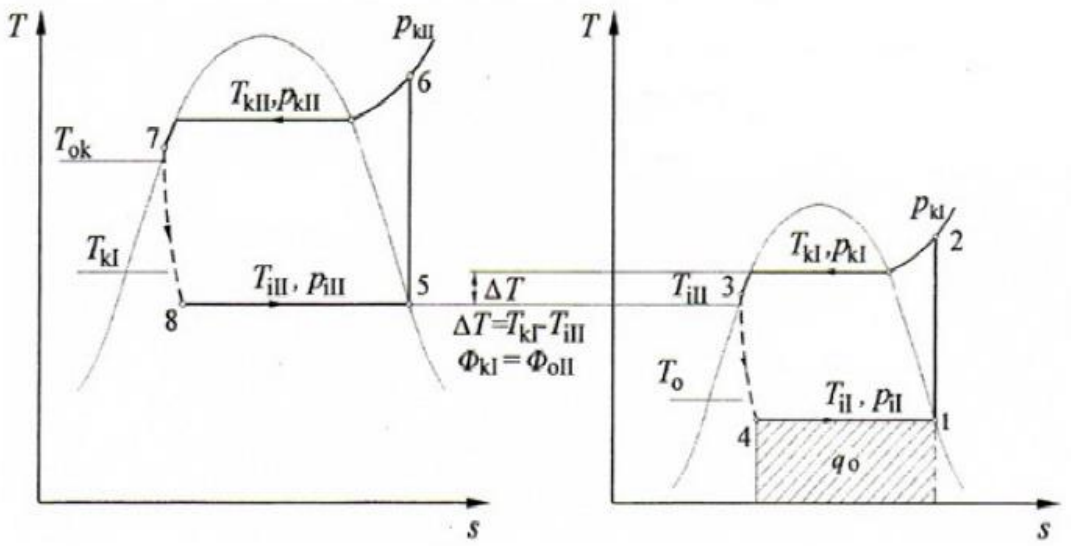
Amonijak/CO_2 kaskadni sustavi imaju najvišu efikasnost. Ako se koristi HFC na gornjoj kaskadi, R134a je poželjna opcija zbog svojih termodinamičkih svojstava i nižeg (u odnosu na R404A) GWP potencijala.

Korištenjem kaskadnih rashladnih sustava moguće je postići veliku temperaturnu razliku između toplinskog izvora i ponora. To je ostvarivo stoga jer se kaskadni rashladni sustav zapravo sastoji od dva kompresijska rashladna procesa odnosno dvije kaskade koje su povezane jednim zajedničkim izmjenjivačem. Zajednički izmjenjivač predstavlja istovremeno kondenzator donje kaskade te isparivač gornje kaskade (prikazan u Prilogu 2, radionički crtež 04-2015). Obzirom na dva uvjetno rečeno odvojena rashladna procesa moguće je prema zadanim temperaturama isparavanja i kondenzacije odabrati različite radne tvari za svaki krug od kojih je jedna pogodnija za primjenu u području nižih, a druga u području viših temperatura. Stoga je moguće postići velike temperaturne razlike između temperature isparavanja i kondenzacije te pritom izbjeći velike dimenzije komponenata rashladnog sustava.



Slika 2. Shematski prikaz kaskadnog rashladnog procesa

U gornjoj kaskadi se najčešće upotrebljavaju sljedeće radne tvari: R410A, R134a, NH_3, dok se u donjoj kaskadi koriste: R744, R170 (etan), R150 (etilen), R732 (kisik), R724 (dušik).

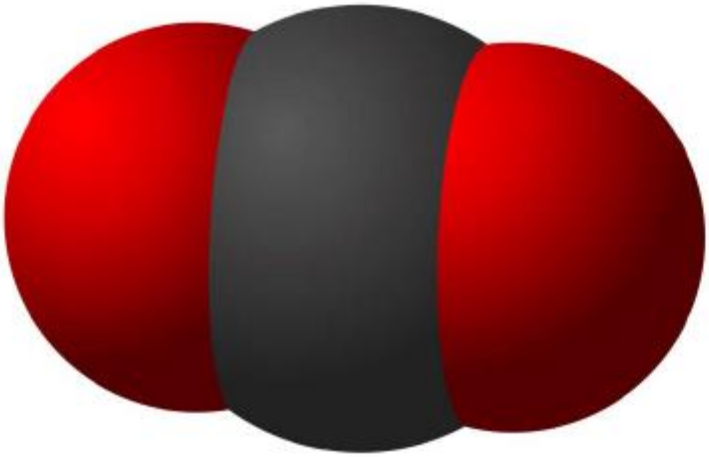


Slika 3. T-s dijagram za kaskadni rashladni proces [2]

2.2. Radne tvari u rashladnom sustavu

2.2.1. Ugljični dioksid R744 (CO_2)

Ugljični dioksid ima dugu tradiciju u rashladnoj tehnici, te je u 50-tim godinama prošlog stoljeća često korišten u rashladnim sustavima na brodovima.

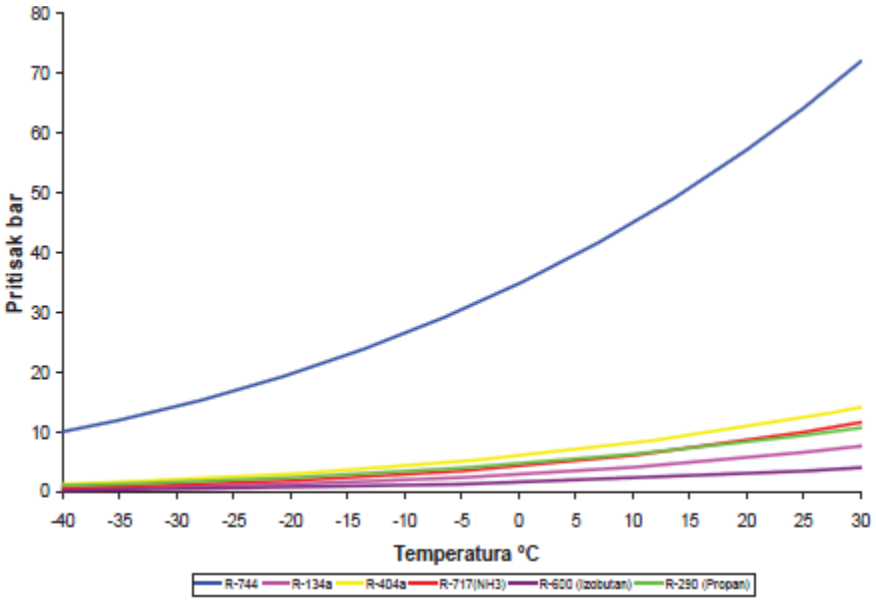


Slika 4. Molekula ugljičnog dioksida CO_2 [3]

Ugljični dioksid nema utjecaj na razgradnju ozona (ODP=0), dok ima neznatan utjecaj na efekt staklenika (GWP=1). Kemijski je stabilan, nije zapaljiv niti je toksičan, premda u većim količinama može biti opasan i izazvati gušenje.

Troškovi za ugljični dioksid su niski, pri čemu nema dodatnih troškova za njegovo održavanje. Volumetrički rashladni učinak mu je znatno veći nego kod radnih tvari R22 i NH3 (približno 5 do 8 puta), što znatno smanjuje dimenzije uređaja. Premda CO2 kao radna tvar ima dosta prednosti, glavni razlog zašto nema široku primjenu u praksi su nepovoljne termodinamičke karakteristike za standardne aplikacije hlađenja, koje dovode do tehničkih problema pri izvedbi uređaja. Ugljični dioksid ima izrazito nisku kritičnu temperaturu od samo 31,1 °C, uz izrazito visok kritični tlak od 74 bar. Za jednostupanjske sustave to zahtjeva transkritične radne parametre s tlakom kondenzacije većim od 100 bar.

Druga bitna karakteristika R744 su mnogo viši radni tlakovi u usporedbi sa rashladnim sustavima napunjenim klasičnim radnim tvarima.



Slika 5. Dijagram temperatura zasićenja radnih tvari sa pripadajućim tlakovima [3]

Ugljičnog dioksid se primjenjuje u industriji i u većim komercijalnim rashladnim sustavima, pri čemu se CO_2 koristi kao radna tvar u donjoj kaskadi kaskadnih rashladnih uređaja (temperaturni režim od -10 do – 50 °C) . U tom su slučaju radni parametri ispod kritičnog područja, što garantira visoku učinkovitost sustava.

2.2.2. Radna tvar R 134a

Općenito R134a se smatra najprikladnijom zamjenom za R12. R134a ne sadrži klor, što ga čini stabilnijim od R12 i ne predstavlja opasnost po ozonski omotač. Termodinamička svojstva ovog rashladnog sredstva, veoma su slična onima, koje posjeduje R12.

R134a je razvijen kao zamjena za R12. U oblasti klimatizacije i hlađenja, npr. na temperaturama isparavanja od – 15 °C do + 12 °C, učin rashladnog sredstva R134a je jednak ili bolji od onog koji ima R12. U postrojenjima za smrzavanje je relativni učin R134a na – 18 °C, 6 % manji od R12. Na visokim temperaturama isparavanja, npr. +10 °C, relativni učin R134a je 6 % veći. Temperatura toplog plina je kod R134a 8 do 10 K niža nego kod R12.

R134a ima drugačiju molekularnu strukturu od R12. To dovodi do njegove sposobnosti da istječe i kroz najmanje otvore u rashladnom postrojenju. R134a je pouzdano rashladno sredstvo, koje se već duže vrijeme koristi u automobilskim klima uređajima. R134a nije ni zapaljiv ni otrovan.

Prema posljednjoj verziji Montrealskog protokola iz studenog 1992., plan za izbacivanje iz upotrebe CFC rashladnih sredstava je sljedeći:

polazna godina je bila 1986., a do 1994 godine, potrošnja CFC rashladnih sredstava trebao se smanjiti za 25 %, a do 1996. mora potpuno prestati. Za upotrebu u nerazvijenim zemljama, dozvoljeno je proizvoditi 10 do 15 %. Treba obratiti pažnju, da se u pojedinim zemljama uvode zakoni koji su stroži od onih sadržanih u Montrealskom protokolu. Sadržaj Montrealskog protokola se treba smatrati kao minimalna odredba za proizvodnju i upotrebu CFC rashladnih sredstava. Do danas je 150 zemalja potpisalo Montrealski protokol među njima i Hrvatska.

Prednosti R134a [4] :

- standardan u mnogim novijim primjenama
- lako servisiranje
- sigurna i laka upotreba: A1 klasifikacija sigurnosti prema ASHRAE-u, prihvaćen od EPA SNAP, UL priznat

3. ARHITEKTONSKO GRAĐEVINSKI OPIS

3.1. Opis zadatka

Građevinski objekt je izveden kao samostojeći jednoetažni objekt. Građen je kao objekt lagane gradnje. Osnovu konstrukcije čine gotovi betonski elementi. Vanjski zidovi su od poliuretanskih panela i staklenih stijena. Zgrada supermarketa je ukupne korisne površine 1800 m^2. Krov je od profiliranog pocinčanog lima sa izolacijom.

Pod je na tvrdoj zemljanoj podlozi sačinjen od armirano betonske ploče. Supermarket se sastoji od prodajnog prostora ukupne brutto površine od 1300 m^2 i skladišnog dijela nazvanog pomoćni prostori brutto površine 500 m^2 u kojem su osim skladišta i pripremne prostorije sa komorama za hlađenje robe i druge prostorije koje se nalaze u sklopu supermarketa.

Zid i ulaz koji se nalaze na zapadnoj strani su izrađeni u potpunosti od staklenih stijena. Južni zid je sačinjen jednim manjim dijelom od staklenih stijena, a drugi veći dio od poliuretanskih ploča. Cijeli istočni i sjeverni zid su u potpunosti izrađeni od poliuretanskih ploča.

Visina cijele zgrade je oko 7,8 metara dok svijetla visina unutar objekta varira od prostorije do prostorije.

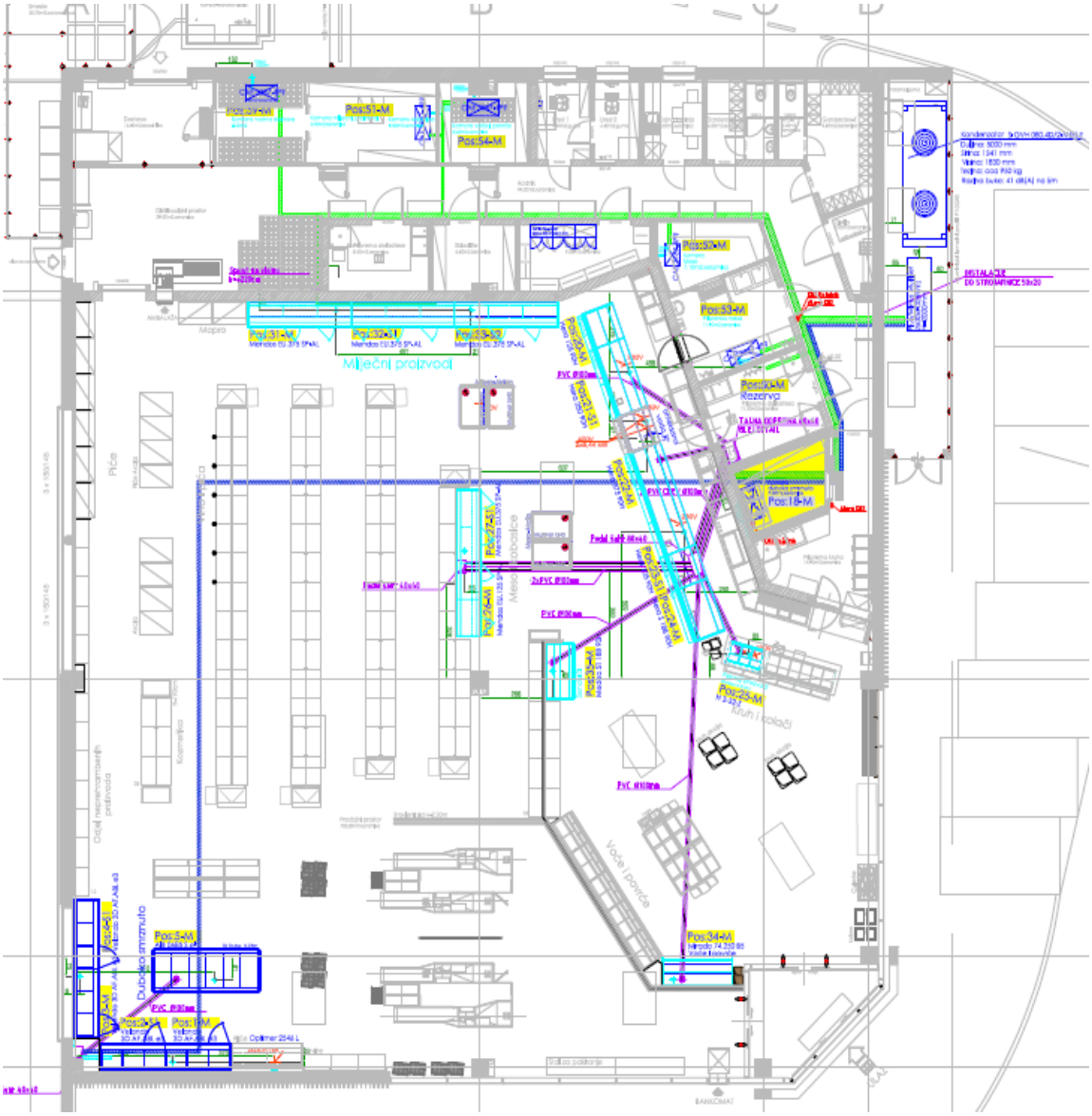
Prostor za smještaj opreme za grijanje i hlađenje kao i za tehničko hlađenje robe je planirano u strojarnici za uređaje ali pošto će oprema biti izvedena kao multiset obložen limom ona će se nalaziti van zgrade super marketa samo odvojena zaštitnim prostorom i natkrivena.

U nacrtima, koji su sastavni dio diplomskog rada i nalaze se u privitku, vide se sve rashladne komore i vitrine koje se nalaze unutar zgrade supermarketa. Svakoj komori i vitrini je dodijeljen broj i opis koji se nalazi u tablicama 1. i 2. Pomoću brojeva će se te komore i vitrine označavati dalje u radu.

U nastavku se nalazi slika tlocrtne površine zgrade supermarketa podijeljena u osnovne zone.

Zgrada je podijeljena u tri osnovne zone:

- prodajni prostor,
- pomoćni prostori,
- strojarnica.



Slika 6. Tlocrt zgrade supermarketa

3.2. Prodajni prostor zgrade supermarketa

U tablici 1. nalazi se popis svih rashladnih vitrina i komora prema oznakama na slici 6. i prilogu 2 prema radioničkom crtežu 01-2015 za plus područje hlađenja sa pripadajućim rashladnim kapacitetima, temperaturama hlađenja te vrsti robe koja se hladi i opis rashladnih vitrina i komora za ekvivalentne dimenzije koje imamo na raspolaganju s obzirom na površinu supermarketa.

Tablica 1. Popis rashladnih vitrina i komora za plus područje

Oznaka na crtežu	Vrsta namirnice	Opis hlađenog prostora	Temperatura hlađenja [°C]	Ekvivalentna dimenzija [m];[m^2]	Kapacitet hlađenja [kW]
20 M	Perad	Poslužna vitrina	0/+2	1,25	0,36
21 S1	Meso	Poslužna vitrina	0/+2	2,5	0,71
22 M	Kobasice	Poslužna vitrina	+4/+6	3,75	0,98
23 S1	Salata	Poslužna vitrina	+4/+6	1,25	0,3
24 M	Sir	Poslužna vitrina	+4/+6	1,88	0,52
25 M	Slastice	Rashladni pult	+4/+6	1,6	0,5
26 M	Meso	Zidna vitrina	0/+2	1,25	1,77
27 S1	Kobasice	Zidna vitrina	0/+2	3,75	5,31
31 M	Mliječni proizvodi	Zidna vitrina	+4/+6	3,75	5,31
32 S1	Mliječni proizvodi	Zidna vitrina	+4/+6	3,75	5,31
33 S2	Mliječni proizvodi	Zidna vitrina	+4/+6	3,75	5,31
34 M	Voće i povrće	Zidna vitrina	0/+2	2,5	2,81
35 M	Sendviči	Poslužna vitrina	+4/+6	1,88	1,6
50	Priprema kobasice	Komora	+12/+15	11,3	2,37
51	Mliječni proizvodi	Komora	+2/+4	13,0	2,35
52	Komora meso	Komora	0/+2	7,1	1,9
53	Priprema meso	Komora	+12/+15	11,9	3,9
54	Voće i povrće	Komora	+6/+8	8,6	2,36
59	Noćna dostava	Komora	0/+2	9,0	2,64
				Ukupno	46,31

U tablici 2. nalazi se popis svih rashladnih vitrina i komora prema slici 6. i prilogu 2 prema radioničkom crtežu 01-2015 za minus područje hlađenja sa pripadajućim rashladnim kapacitetima, temperaturama hlađenja, te vrsti robe koja se hladi s opisom svake od vitrine koje smo raspodijelili po zadanoj površini prostora supermarketa.

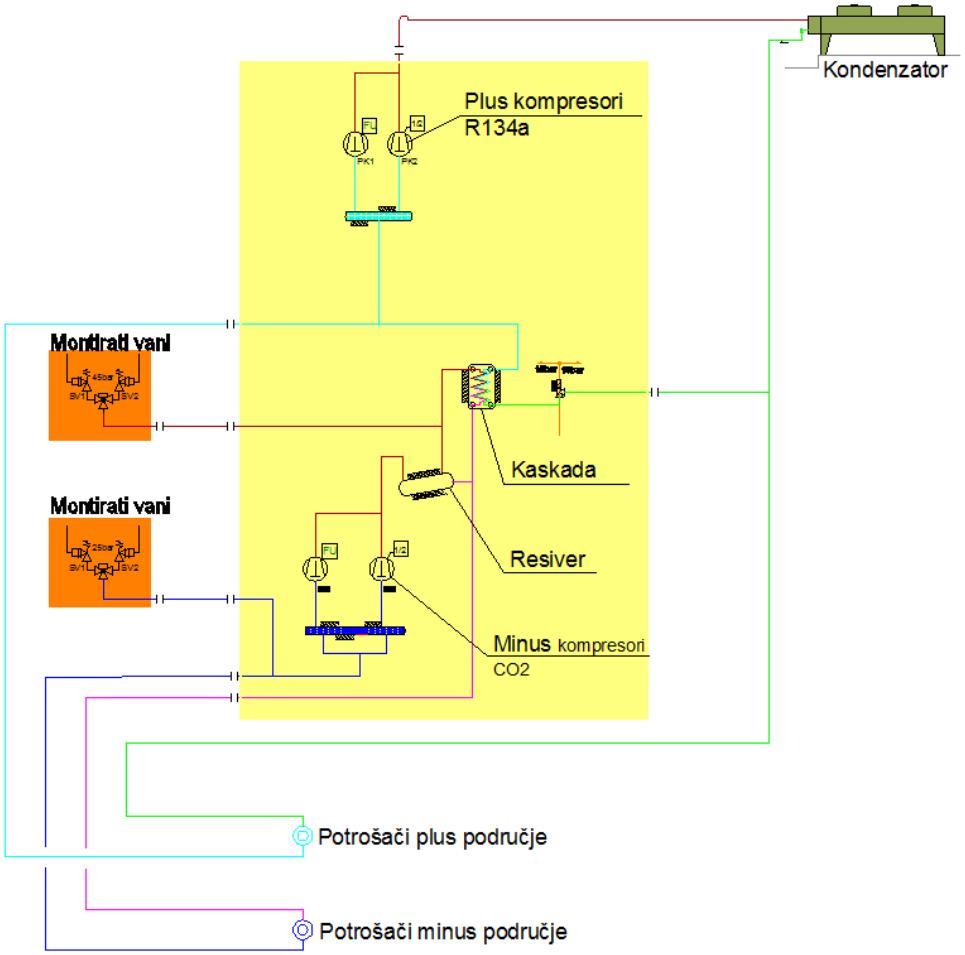
Tablica 2. Popis rashladnih vitrina i komora za minus područje

Oznaka na crtežu	Vrsta namirnice	Opis hlađenog prostora	Temperatura hlađenja [°C]	Ekvivalentna dimenzija [m];[m^2]	Kapacitet hlađenja [kW]
1 M	Smrznuti proizvodi	Zidna vitrina	-22/-24	2,35	1,51
2 S1	Smrznuti proizvodi	Zidna vitrina	-22/-24	2,35	1,51
3 M	Smrznuti proizvodi	Zidna vitrina	-22/-24	2,35	1,51
4 S1	Smrznuti proizvodi	Zidna vitrina	-22/-24	2,35	1,51
5 M	Smrznuti proizvodi	Otočna vitrina	-22/-24	2,35	1,90
18	Duboko zamrzavanje	Komora	-12/-10	7,0	2,43
				Ukupno	10,37

3.3. Pojednostavljeni opis rashladnog postrojenja

U supermarketima se nalazi više tehničkih sustava od kojih su dio strojarske instalacije kao što su sustavi grijanja, hlađenja, ventilacije, protupožarni i drugi sustavi.

U ovom radu će biti govora o sustavu rashladnog postrojenja za tehničko hlađenje robe jer prema tehnološkim zahtjevima predviđeno je hlađenje u rashladnim vitrinama i komorama gdje se skladište i izlažu proizvodi te iz kojih se prodaju hlađeni proizvodi.



Slika 7. Principijelna shema procesa

U supermarketima se između ostalog prodaje i hrana, a za dosta namirnica potrebno je osigurati tehnološke uvjete koji omogućuju duže čuvanje hrane kao i njezinu zdravstvenu ispravnost. Nadalje, hranu i proizvode koje je potrebno držati na određenoj temperaturi kako bi se zadržala njihova zdravstvena ispravnost nazivat će se hlađeni proizvodi.

Zbog toga je sastavni dio svakog supermarketa i rashladno postrojenje čija je funkcija da održi zadane uvjete.

Hlađeni proizvodi unutar prodajnog prostora su izloženi u rashladnim vitrinama u kojima se održava određena temperatura za svaki proizvod kako je to predviđeno Zakonom o hrani članak 15. stavka 2. podstavka 16. (»Narodne novine« broj 46/07).

Rashladne vitrine možemo podijeliti u nekoliko osnovnih tipova:

- poslužne vitrine,
- zidne vitrine,
- otočne vitrine
- vitrine za smrznute proizvode.

Hlađeni proizvodi koji nisu trenutno izloženi u rashladnim vitrinama čuvaju se i skladište u rashladnim komorama. Komore se dijele prema vrsti hlađenih proizvoda koji se u njima čuvaju. O vrsti hlađenih proizvoda ovisi temperatura koja se mora održavati u komori i rashladnim vitrinama.

Prema temperaturama koje treba održavati možemo napraviti osnovnu podjelu:

- oprema za rad u plus području,
- oprema za rad u minus području.

Plus područje pokriva temperature iznad 0 °C dok minus područje pokriva temperature ispod 0 °C.

Pored rashladnih komora prehrambeni proizvodi su izloženi u rashladnim vitrinama odakle se vrši prodaja istih. Sve hlađene prostorije su izolirane toplinskom izolacijom iz poliuretanskih panela debljine 10 cm za komore temperature pus režima rada i izolacijom iz poliuretanskih panela debljine 14 cm za komore temperature minus režima rada. Poliuretanski paneli su obloženi pocinčanim limom, obojeni i plastificirani (ili od inox lima) što u potpunosti zadovoljava veterinarske i sanitarne uvjete. Komora za duboko smrzavanje upuštena je 16 cm od gotovog poda kako bi se mogao postaviti izolacijski pod.

Za potrebe hlađenja predviđen je kaskadni rashladni uređaj sa direktnom ekspanzijom. Za PLUS područje koristimo rashladni medij R134-a (ekološko rješenje sa nižim GWP-om) , a za MINUS područje prirodni rashladni medij R744 (CO_2). Ovim izborom rashladnih medija osigurana su ekološka poboljšanja (smanjena emisija CO_2 ekvivalenta). Uz to potencijal razgradnje ozona (ODP) je reduciran na nulu.

Rashladno postrojenje se sastoji se od:

- multikompresorskog seta PLUS sustava hlađenja –10 °C sa dva poluhermetička klipna kompresora sa odgovarajućim automatskim, sigurnosnim i regulacijskim elementima. Vodeći kompresor ima ugrađenu frekvencijsku regulaciju kako bi se rashladni učin prilagodio trenutnim potrebama potrošača.
- multikompresorskog seta MINUS sustava hlađenja –34 °C sa dva poluhermetička klipna kompresora sa odgovarajućim automatskim, sigurnosnim i regulacijskim elementima. Vodeći kompresor ima ugrađenu frekvencijsku regulaciju kako bi se rashladni učin prilagodio trenutnim potrebama potrošača.
- elektroupravljački ormar rashladnog sustava smješten u rashladnoj strojarnici ili u elektro prostoriji, omogućava potpuno automatski rad rashladnog postrojenja
- isparivačke jedinice za hlađenje zraka smještane pod stropom komora
- rashladne vitrine opremljene mnogobrojnim sustavima za učinkoviti rad smještene u prodajnom prostoru
- Zrakom hlađeni kondenzator PLUS rashladnog sustava smješten na krovu objekta

Multikompresorski setovi smješteni su u prostoriji rashladne strojarnice. Svaki multikompresorski set sastoji se od poluhermetičkih klipnih kompresora, koji rade paralelno. Kompresori su smješteni na zajedničko postolje izrađeno iz čeličnih profila i kompletirani su sa svim potrebnim elementima za nesmetan rad kao što su:

- odvajač ulja
- sustav povrata i regulacije nivoa ulja u svakom od kompresora
- filter-sušač
- sustav za pothlađenje kapljevine (na setu za niske temperature isparavanja)
- antivibracijskih podložaka
- svih elemenata zaštite i kontrole opisanih u poglavlju kontrola multikompresorskih setova

Elektroupravljački ormar koji sadrži sve elemente potrebne za automatski rad kompletnog sustava smješten je u rashladnoj strojarnici ili elektro sobi, a potrebno mu je samo osigurati električno napajanje. Sadrži centralni mikroprocesorski upravljač za vođenje cijelog sustava. U sebi mora sadržavati mogućnost vezanja na centralni sustav nadzora.

U rashladnim komorama ugrađeni su isparivači - hladnjaci zraka, stropne izvedbe, montirani direktno na strop komore. Isparivači su sa aksijalnim ventilatorima predviđeni za ventilacijsko hlađenje koje osigurava dobru i jednoliku cirkulaciju zraka u komori. Opremljeni su sa kadicom za sakupljanje defrostata (kondenzata) i kućištem, obostrano plastificiranim.
Sva oprema je povezana bakrenim cijevima, a zajedno sa ekspanzijskim, zapornim i elektromagnetnim ventilima čine jedinstvenu cjelinu uređaja.

Otapanje isparivača rashladnih vitrina i komora u kojima je projektirana temperatura iznad + 4°C vrši se automatski okolnim zrakom.
Otapanje isparivača u komorama u kojima je projektirana temperatura niža od +4 °C vrši se automatski el. grijačima smještenim u tijelu isparivača i u kadici za sakupljanje kondenzata. Odvod kondenzata iz kadice isparivača nakon otapanja vrši se PVC ili čeličnim cijevima spojenim preko sifona u kanalizaciju.
Otapanje se vrši automatski preko kontrolera, koji se mogu programirati na željeno vrijeme otapanja. Otapanje svakog isparivača može se vršiti neovisno o drugim isparivačima.
Otapanje isparivača rashladnih vitrina za čuvanje duboko smrznutih namirnica (sustav hlađenja -34 °C) vrši se uz pomoć vrućeg plina iz sustava hlađenja -10 °C. Otapanje se vrši automatski preko kontrolera koji se mogu programirati na željeno vrijeme otapanja.
Otapanje svih rashladnih vitrina sustava hlađenja -34 °C odvija se istovremeno, jedanput dnevno, u trajanju maksimalno 15 min. Takvim načinom otapanja ostvaruje se velika ušteda u potrošnji električne energije. Odvod kondenzata iz kadice isparivača, nakon otapanja vrši se cijevima spojenim preko sifona u kanalizaciju.
Odvod kondenzata iz kadice isparivača komora –20 °C mora se grijati el. grijačem sve do sifona, uključujući i sifon, kako bi se izbjeglo zamrzavanje kondenzata u odvodnoj cijevi. Grijanje se vrši automatski preko regulirajućeg termostata.

U pod minus komore –20 °C ugrađen je el. grijač poda koji osigurava slojeve ispod toplinske izolacije poda od smrzavanja. El. grijač je kabelskog tipa i položen je kao serpentina u podu na razmaku od cca. 30-40 cm. Održavanje željene temperature poda od cca +3/+7 °C osigurava regulirajući termostat čija je sonda ugrađena u pod komore.

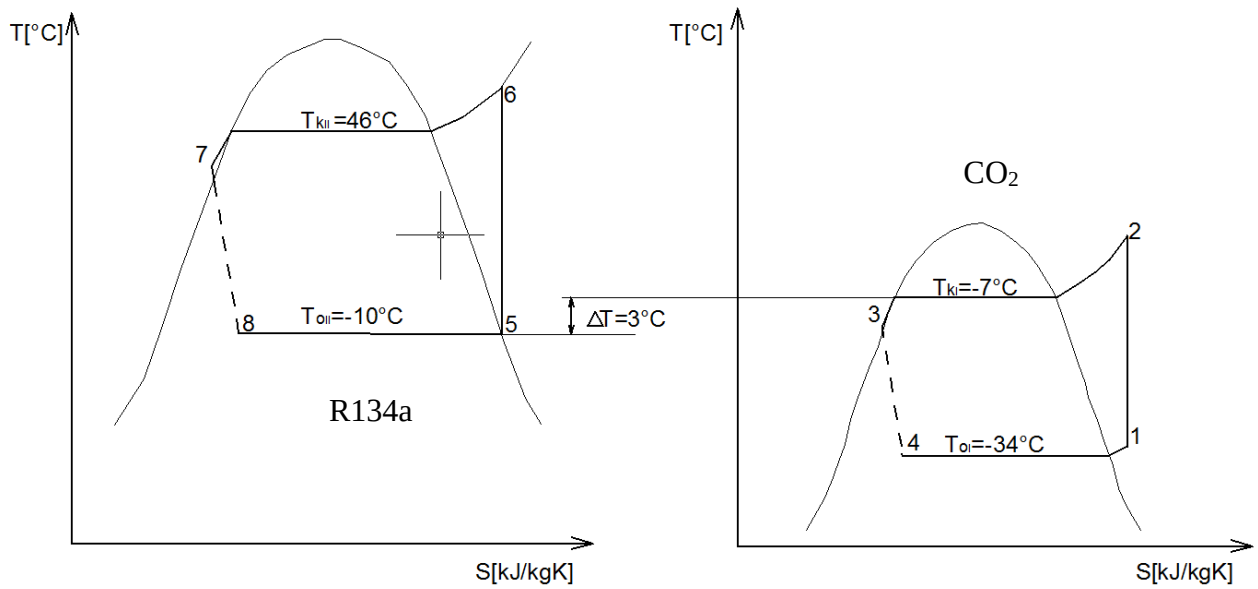
Regulaciju temperature u komorama vrši kontroler rashladnog potrošača, koji sakuplja informacije o temperaturi u komori te temperaturi isparavanja. Na taj način automatski održava željenu temperaturu u komori. Kontroleri potrošača su ugrađeni u elektroormaru.
Rashladne vitrine su sa ugrađenim kontrolerima potrošača i integralnim alarmom temperature za sve dijelove jednog niza. Regulacija mora imati i sustav uštede energije (noćni pogon).

Kondenzator hlađen zrakom, horizontalne izvedbe sa nogicama, smješten na čeličnom postolju na prostoru ravnog krova objekta iznad strojarnice rashladnog postrojenja.

4. TOPLINSKI PRORAČUN RASHLADNOG PROCESA

4.1. Prikaz rashladnog procesa u T-s dijagramu

CO_2 i R134a predstavljaju odličnu kombinaciju u kaskadnom rashladnom sustavu stoga jer je svaku od navedenih radnih tvari moguće primijeniti u uvjetima odnosno u rashladnom krugu gdje ima najbolje karakteristike. Tako se CO_2 koristi na nisko temperaturnoj strani odnosno u donjoj kaskadi, a R134a na visoko temperaturnoj strani odnosno u gornjoj kaskadi.



Dijagram 8. T-s dijagram za kaskadni rashladni proces s CO_2/R134a

4.2. Proračun procesa

Karakteristične točke rashladnog procesa koje smo dobili nakon definiranja radnih parametara uz pomoć dijagrama i tablica za R134a i R744. Dobivene vrijednosti sam prikazao za plus i minus režim .

$T_{hI} = -10/-24\ °C$ - temperature hlađenja robe u donjoj kaskadi

$T_{hII} = 0/+15\ °C$ - temperature hlađenja robe u gornjoj kaskadi

$T_{0I} = -34\ °C$ - temperatura isparavanja donje kaskade (u dijagramu točka 4.)

$T_{prI} = -30\ °C$ - temperatura pregrijanja donje kaskade (u dijagramu točka 1.)

$T_{kI} = -7\ °C$ - temperatura kondenzacije donje kaskade

$T_{potI} = -10\ °C$ - temperatura pothlađenja donje kaskade (u dijagramu točka 3.)

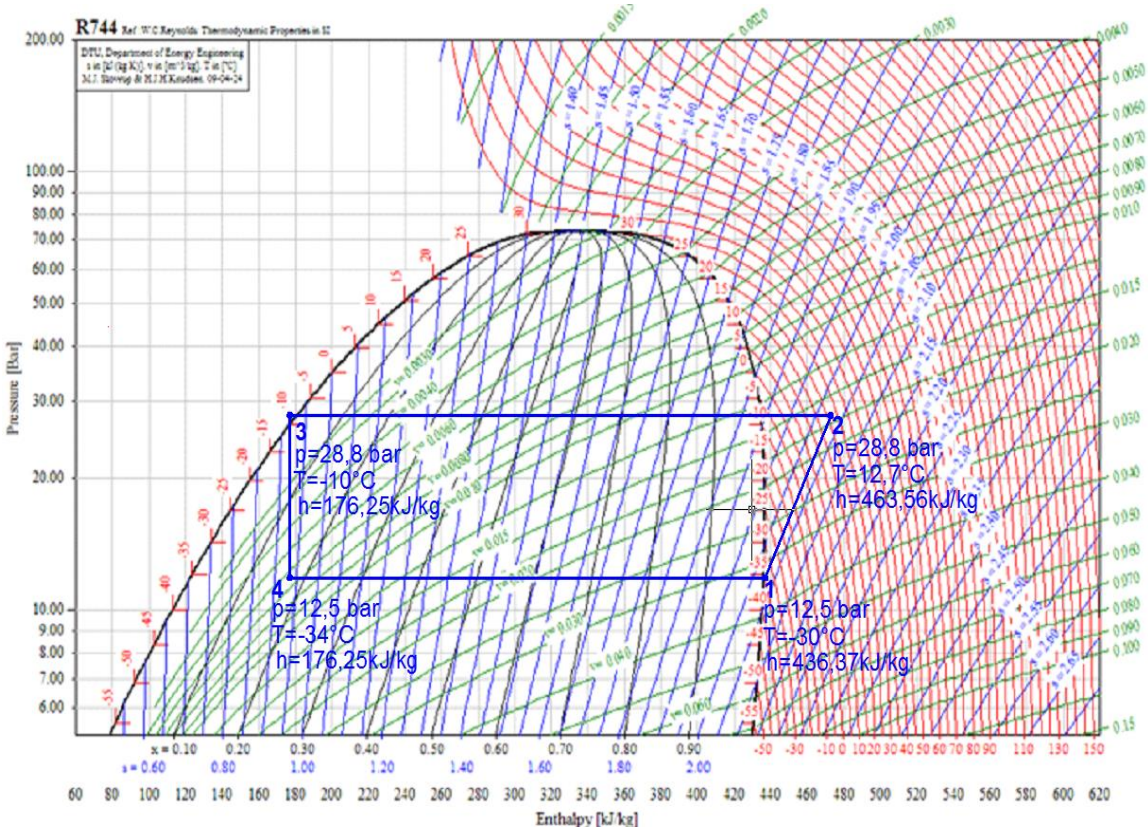
$T_{0II} = -10\ °C$ - temperatura isparavanja gornje kaskade (u dijagramu točka 5. i 8.)

$T_{kII} = 46\ °C$ - temperatura kondenzacije gornje kaskade

$T_{potII} = 43\ °C$ - temperatura pothlađenja gornje kaskade (u dijagramu točka 7.)

4.3. Minus područje rada rashladnog procesa

Iz dijagrama 9. i pomoću toplinskih tablica [4] smo očitali vrijednosti entalpije, entropije, temperature i tlaka u karakterističnim točkama rashladnog procesa u donjoj kaskadi (R744).



Dijagram 9. Rashladni proces u log p-h dijagramu za radnu tvar R744

U tablici 3. sam upisao vrijednosti entalpije, entropije, temperature i tlaka u karakterističnim točkama rashladnog procesa u donjoj kaskadi (R744) koje će nam služiti za daljnji proračun procesa.

Tablica 3. Karakteristične točke minus režima

Karakteristične točke	Tlakovi [bar]	Temperatura [°C]	entalpija [kJ/kg]	entropija [kJ/kgK]
1	12,5	-30	436,374	2,018
2	28,8	12,7	463,561	2,018
3	28,8	-10	176,521	-
4	12,5	-34	176,521	-

Iz očitanih vrijednosti izračunavamo potrebne dijelove proračuna za minus režim hlađenja.

Zadan je potreban učinak isparivača iz tablice 2. za minus područje.
$\Phi_{0I} = 10{,}37\ kW$ pri temperaturi isparavanja $\vartheta_{0I} = -34\ °C$.

Zbog sigurnosti projektiranja daljnjih komponenti dodaje se još na učinak isparivača faktor od 1,1 pa je konačni učinak isparivača:

$\Phi_{0I} = 10{,}37 * 1{,}1 = 11{,}41\ kW$

Kod sustava s manjim kapacitetom uzima se veći faktor sigurnosti a kod većih kapaciteta kao što je kod našeg plus režima uzimamo sigurnosni faktor koji jednak 1 a u nekim slučajevima i manji.

Specifični rashladni učinak:

$q_{oI} = h_1 - h_4 = 436{,}37 - 176{,}52 = 259{,}85\ \frac{kJ}{kg}$

Protok radne tvari:

$$g_{mR744} = \frac{\Phi_{0I}}{q_{oI}} = \frac{11{,}41}{295{,}89} = 0{,}0439\ \frac{kg}{s}$$

Snaga kompresora donje kaskade:

$P_I = g_{mR744} * (h_2 - h_1) = 0{,}0439 * (463{,}56 - 436{,}37) = 1{,}19\ kW$

Toplinski tok izmijenjen u kondenzatoru donje kaskade odnosno isparivaču gornje kaskade:

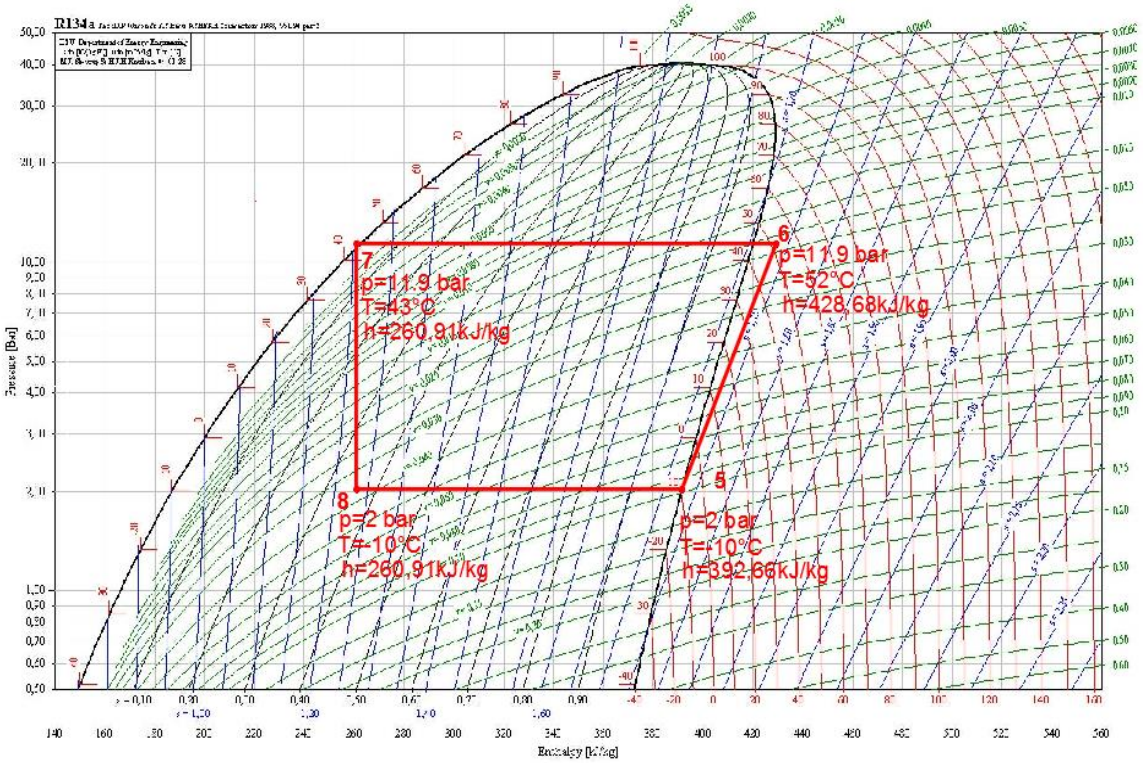
$\Phi_{kI} = P_I + \Phi_{oI} = 1{,}19 + 11{,}41 = 12{,}6\ kW$

Specifični učinak kondenzacije:

$q_{kI} = h_2 - h_3 = 463{,}56 - 176{,}52 = 287{,}04\ \frac{kJ}{kg}$

4.4. Plus područje rada rashladnog procesa

Iz dijagrama 10. i pomoću toplinskih tablica [4] smo očitali vrijednosti entalpije, entropije, temperature i tlaka u karakterističnim točkama rashladnog procesa u gornjoj kaskadi (R134a).



Dijagram 10. Rashladni proces u log p-h dijagramu za radnu tvar R134a

U tablici 4. sam upisao vrijednosti entalpije, entropije, temperature i tlaka u karakterističnim točkama rashladnog procesa u donjoj kaskadi (R134a) koje će nam služiti za daljnji proračun procesa.

Tablica 4. Karakteristične točke plus režima

Karakteristične točke	Tlakovi [bar]	Temperatura [°C]	entalpija [kJ/kg]	entropija [kJ/kgK]
5	2,0	-10	392,66	1,73
6	11,9	52	428,68	1,73
7	11,9	43	260,91	-
8	2,0	-10	260,91	-

Iz očitanih vrijednosti izračunavamo potrebne dijelove proračuna za plus režim hlađenja.

Zadan je potreban učinak isparivača iz tablice 1. za plus područje:

$\Phi_{oII} = 46{,}31\ kW$

Potrebni rashladni učin proizlazi iz toplinskog opterećenja donjeg kruga :

$\Phi_{0II} = \Phi_{kI} + \Phi_{oII} = 12{,}6 + 46{,}31 = 58{,}91$ kW pri temperaturi isparavanja

$\vartheta_{0II} = -10\ °C$

Specifični rashladni učinak:

$q_{oII} = h_5 - h_8 = 392{,}66 - 260{,}91 = 131{,}75\ \frac{kJ}{kg}$

Protok radne tvari:

$$g_{mR134a} = \frac{\Phi_{0II}}{q_{oII}} = \frac{58{,}91}{131{,}75} = 0{,}447\ \frac{kg}{s}$$

Snaga kompresora gornje kaskade:

$P_{II} = g_{mR134a} * (h_6 - h_5) = 0{,}447 * (428{,}68 - 392{,}66) = 16{,}1\ kW$

Toplinski tok izmijenjen u kondenzatoru gornje kaskade:

$\Phi_{kII} = P_{II} + \Phi_{oII} = 16{,}1 + 58{,}91 = 75{,}01\ kW$

Specifični učinak kondenzacije:

$q_{kII} = h_6 - h_7 = 428{,}68 - 260{,}91 = 167{,}77\ \frac{kJ}{kg}$

5. OPIS RADA KASKADNOG RASHLADNOG SUSTAVA S CO_2/R134a

Predviđena su dva osnovna sustava hlađenja i to:

Sustav –10 °C za komore i vitrine sa temperaturom zraka 0/+15 °C.

Sustav –34°C za komore i vitrine sa temperaturom zraka -10/–24 °C.

Za plus područje predviđeni su kompresori sa jednim stupnjem kompresije te sa regulacijom učina.

Za minus područje predviđeni su kompresori sa jednim stupnjem kompresije, regulacijom učina te sa pothlađivanjem kapljevine koje osigurava rashladna centrala plus područja.

Elektroupravljački ormar se nalazi u rashladnoj strojarnici sa svim potrebnim elementima za potpuno funkcionalan rad kompresora i kondenzatora, sa svom potrebnom internom elektroinstalacijom.

Kompresor usisava pare freona iz kaskadnog izmjenjivača topline i tlači ih u zrakom hlađeni kondenzator gdje se iste kondenziraju. Dalje se freona transportira bakrenim cijevima do termoekspanzijskih ventila koji se nalaze neposredno ispred isparivača, te preko razdjelne ruže ulazi u isparivač. U isparivaču se freon zagrije okolnim zrakom i isparava te tako hladi zrak u komori ili vitrini. Osjetnik termoekspanzijskog ventila ugrađen je na usisni cjevovod isparivača i daje impulsnu regulaciju temperature isparavanja freona u isparivaču. Ovako ispareni freon nakon izlaska iz isparivača usisava kompresor i proces se ponavlja.

5.1. Opis regulacije rashladnog sustava

Rad rashladno postrojenje je potpuno automatizirano, a stavlja su u funkciju pomoću glavne električne sklopke na elektroupravljačkom ormaru.

Automatskim radom upravlja kontroler potrošača koji u ovisnosti o temperaturi u rashladnoj vitrini ili komori otvara ili zatvara elektromagnetni ventil i na taj način propušta freon u isparivače.

Otvaranjem ventila dolazi do prolaza freona prema isparivaču i rasta tlaka na usisnoj strani uređaja. Osjetnik tlaka šalje signal do centralnog mikroprocesorskog upravljača koji reagira na porast tlaka i po potrebi uključuje jedan ili više kompresora u pogon.

Istovremeno kontroler potrošača uključuje ventilatore hladnjaka zraka komore i time počinje ciklus hlađenja.

Uključivanjem kompresora u pogon, a ovisno o tlaku kondenzacije rashladnog medija uključuju se i ventilatori zračnih kondenzatora.
Obrnuto, kod pada temperature u rashladnoj poziciji kontroler zatvara elektromagnetni ventil i isključuje isparivač komore iz pogona. Zatvaranjem elektomagnetnog ventila dolazi do pada tlaka na usisnoj strani uređaja i tada preko osjetnika tlaka na usisnoj strani centralni mikroprocesorski upravljač dobiva informaciju o padu tlaka i reagira isključivanjem kompresora redom iz rada.

5.2. Upravljanje i nadzor multikompresorskih setova

Upravljanje, nadzor i nadgledavanje multikompresorskih setova regulirano je centralnim mikroprocesorskim upravljačem koji osigurava privredno štedljiv i siguran rad multiseta. Programiranje željene vrijednosti i parametara je digitalno i mora biti zaštićeno od neovlaštenih ili nepromišljenih promjena željene vrijednosti. Upravljač ima jedno sučelje za komunikaciju sa centralnim kompjuterom i ispisivačem svih informacija o radu cijelog postrojenja. Kod ispada mrežnog napona osiguran je automatski pogon nakon povratka napona. Sve komponente imaju vlastiti nadzor napona, snage i ulaz indikatora.
Upravljanje i nadzor kompresora i ventilatora kondenzatora je takav da optimizira potreban rashladni učin uz minimalnu potrošnju energije. Na taj način se izbjegava prečesto uključivanje kompresora. Stoga su predviđene slijedeće funkcije:

- upravljanje usisnim tlakom sa promjenjivim i postepenim radom kompresora na dolje ili na gore, ovisno o željenoj vrijednosti promjena,
- podizanje temperature usisnog tlaka, ovisno o potrebi rashladnog učina (temp. u prostoru),
- upravljanje kondenzatorima ovisno o vanjskoj temperaturi.

5.3. Upravljanje rashladnim komorama

Sve rashladne komore imaju kontroler potrošaća sa integralnim alarmom temperature.
Kontroleri potrošaća biti će ugrađeni u elektroormar.
Minus komora ima digitalni zaslon smješten na vanjskoj strani komore pored vrata za očitanje temperature u komori. Temperaturni osjetnici su montirani sa zadnje strane isparivača (u struji povratnog zraka).
Odvod kondenzata iz kadice isparivača nakon otapanja vrši se „inox“ cijevima spojenim preko sifona u kanalizaciju. Odvod kondenzata iz kadice isparivača „minus komore“ mora se grijati el. grijačem sve do sifona, uključujući i sifon kako bi se izbjeglo zamrzavanje kondenzata u odvodnoj cijevi. Grijanje se vrši automatski preko regulirajućeg termostata.
Rashladni isparivači su priključeni na sustav hlađenja sa bakrenim cijevima preko zapornih ventila na usisnoj i kapljevinskoj strani, elektromagnetskih ventila, filtera i termoekspanzijskih ventila na kapljevinskoj strani.

5.4. Upravljanje rashladnim vitrinama

Sve rashladne vitrine imaju mikroprocesorski kontroler sa integralnim alarmom temperature za sve dijelove jednog niza.
Kontroleri potrošača mogu biti ugrađeni u rashladnim vitrinama ili u elektroormar.
Rasvjetom za rashladne vitrine upravlja se centralno (s jednog mjesta) ili lokalno na pojedinim rashladnim vitrinama. U elektroormaru je upravljačka sklopka R – 0 – A (R-ručno, 0-isključeno, A-automatski). Kada je upravljačka sklopka u položaju automatskog upravljanja, slijediti će upravljanje preko centrale. Rashladne vitrine su priključene na sustav hlađenja sa bakrenim cijevima preko zapornih ventila na usisnoj i kapljevinskoj strani, elektromagnetnihventila, filtera i termoekspanzijskih ventila na kapljevinskoj strani za jedan niz. Sve armature, kao i termoekspanzijski ventil moraju se izvesti u lemljenom spoju.
Odvod kondenzata iz kadice isparivača u vitrinama vrši se PVC cijevima spojenim preko sifona u kanalizaciju.
Zidne rashladne vitrine imaju sustav za uštedu energije koji se sastoji od regulatora brzine vrtnje ventilatora kod spuštenih zavjesa (noćni pogon). Upravljanje sustavom uštede energije vodi se centralno.

Vitrine za duboko hlađenje imaju sustav za uštedu energije koji se sastoji od regulatora brzine vrtnje ventilatora kod postavljenog izoliranog noćnog pokrova (noćni pogon), mikroprocesorskog kontrolera za vođenje odleđivanja, podizanje temperature. Upravljanje sustavom uštede energije vodi se centralno.

6. DIMENZIONIRANJE DISTRIBUCIJSKIH CJEVOVODA

6.1. Dimenzioniranje cjevovoda donjeg (R744) kaskadnog kruga

Izračun cijevne instalacije rashladnih uređaja izveden je na temelju preporučenih brzina strujanja za usvojenu radnu tvar R744, uz kontroliranje ukupnog dozvoljenog pada tlaka u cjevovodu.

Osnovni uvjeti pri dimenzioniranju cjevovoda su:

- brzina strujanja radne tvari mora biti dovoljno mala da se ne prekorače preporučeni dozvoljeni padovi tlaka,
- brzina strujanja radne tvari mora biti dovoljno velika da se mazivo ulje transportira natrag u kompresor.

Prema preporukama iz stručne literature vrijede slijedeće preporučene vrijednosti brzina strujanja za radnu tvar R 744 ovisno o vrsti cjevovoda:

- usisni cjevovod: 8 - 15 [m/s]
- kapljevinski cjevovod: 0,5 - 1 [m/s]

Postupak primijenjenog proračuna je takav da za svaki tip cjevovoda je usvojena brzina prema gore navedenim preporukama na osnovu usvojene brzine i masenog protoka predmetne dionice izračunata površina poprečnog presjeka cijevi prema obrascu:

$$A = \frac{m}{\rho * v},$$

gdje je:

A [m^2] - površina poprečnog presjeka cjevovoda

m [kg/s] - maseni protok radne tvari

ρ [kg/m^3] - specifična gustoća radne tvari

v [m/s] - usvojena brzina radne tvari

Na osnovi izračunate površine poprečnog presjeka prema niže navedenom obrascu izračunat je promjer cijevi i odabrana prva standardna veća vrijednost za Cu cijevi:

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

gdje je:

d [m] - promjer cijevi

A [m^2] - površina poprečnog presjeka cijevi

Proračun cjevovoda je rađen pomoću računalnog programa „Engineering tool“, a detaljan je dan u tablicama 5. i 6 gdje je prikazana svaka dionica cjevovoda koje možete vidjeti u prilogu 2 radioničkog crteža 02-2015. Kao što se vidi iz tablica za svaku dionicu dobili smo duljinu cjevovoda, promjer cjevovoda, toplinski učin za svaku dionicu te brzinu radne tvari.

Proračun cjevovoda na usisnoj strani:

Tablica 5. Izabrane Cu cijevi za usisni vod kod donjeg kaskadnog kruga

Usisni cjevovod CO2 minus područje

Kupac	Supermarket	**Autor**	Nižić
Projekt	Kaskada R134a/CO2	**Datum**	09.06.2015
Adresa	HRVATSKA		

Max. dozvoljeni pada tlaka	1.00 K	**Stvarni pad tlaka**	0.73 K	
Min. brzina postignuta	2.55 m/s	**Max. brzina postignuta**	5.40 m/s	
Materijal	Cu			

#	od	do	duljina	položaj	da1	da 2	materijal	Qo	w
1	2	147	2,00	0	12		44,	1,51	2,55
2	1	147	2,00	0	12		44,	1,51	2,55
3	147	145	4,00	0	15		44,	3,02	3,08
4	4	146	4,00	0	12		44,	1,51	2,55
5	3	146	2,00	0	12		44,	1,51	2,55
6	146	145	4,00	0	15		44,	3,02	3,08
7	145	144	2,00	0	18		44,	6,04	4,11
8	5	144	6,00	0	12		44,	1,90	3,21
9	144	143	2,00	0	18		44,	7,94	5,40
10	143	142	6,00	1	12	15	44,	7,94	4,51
11	142	141	45,00	0	22		44,	7,94	3,49
12	18	141	4,00	0	15		44,	2,43	2,63
13	141	140	28,00	0	22		44,	11,41	5,01
14	140	100	5,00	0	22		44,	11,41	5,01

Proračun cjevovoda na kapljevinskoj strani:

Tablica 6. Izabrane Cu cijevi za kapljevinski vod kod donjeg kaskadnog kruga

Kapljevinski cjevovod CO2 minus područje

Kupac		**Autor**	Nižić
Projekt	Kaskada R134a/CO2	**Datum**	09.06.2015
Adresa	HRVATSKA		

Max. dozvoljeni pada tlaka	1.00 K	**Stvarni pad tlaka**	0.38 K	
Min. brzina postignuta	0.11 m/s	**Max. brzina postignuta**	0.87 m/s	
Materijal	Cu			

#	od	do	duljina	položaj	da1	da 2	materijal	Qo	w
1	147	2	2,00	0	10		44,	1,51	0,11
2	147	1	2,00	0	10		44,	1,51	0,11
3	145	147	4,00	0	10		44,	3,02	0,23
4	146	4	4,00	0	10		44,	1,51	0,11
5	146	3	2,00	0	10		44,	1,51	0,11
6	145	146	4,00	0	10		44,	3,02	0,23
7	144	145	2,00	0	10		44,	6,04	0,46
8	144	5	6,00	0	10		44,	1,90	0,14
9	143	144	2,00	0	10		44,	7,94	0,60
10	142	143	6,00	2	10		44,	7,94	0,60
11	141	142	45,00	0	10		44,	7,94	0,60
12	141	18	4,00	0	10		44,	2,43	0,20
13	140	141	28,00	0	10		44,	11,41	0,87
14	300	140	5,00	0	10		44,	11,41	0,87

6.2. Dimenzioniranje cjevovoda gornjeg (R134a) kaskadnog kruga

Postupak je isti kao i kod donjeg rashladnog kruga stoga moraju biti i zadovoljeni isti uvjeti samo što ovdje imamo i tlačni cjevovod prema kondenzatoru gornjeg rashladnog kruga. Proračun cjevovoda je također rađen pomoću računalnog softvera „Engineering tool“, a detaljan je dan u tablicama ispod.

Proračun cjevovoda na usisnoj strani:

Tablica 7. Izabrane Cu cijevi za usisni vod kod gornjeg kaskadnog kruga

Usisni cjevovod R134a plus područje

Kupac		**Autor**	Nižić
Projekt	Kaskada R134a/CO2	**Datum**	09.06.2015
Adresa	HRVATSKA		

Max. dozvoljeni pada tlaka	2.00 K	**Stvarni pad tlaka**	2.09 K	
Min. brzina postignuta	2.83 m/s	**Max. brzina postignuta**	14.58 m/s	
Materijal	Cu			

#	od	do	duljina	položaj	da1	da 2	materijal	Qo	w
1	59	115	9,00	0	22		1,	2,64	6,21
2	33	119	6,00	0	28		1,	5,31	7,28
3	32	119	2,00	0	28		1,	5,31	7,28
4	119	118	4,00	0	35		1,	10,62	8,89
5	31	118	2,00	0	28		1,	5,31	7,28
6	118	117	2,00	0	42		1,	15,93	8,98
7	117	116	6,00	1	22	35	1,	15,93	7,53
8	116	115	4,00	0	42		1,	15,93	8,98
9	115	113	5,00	0	42		1,	18,57	10,61
10	51	114	3,00	0	22		1,	2,35	5,53
11	54	114	5,00	0	22		1,	2,36	5,55
12	114	113	4,00	0	28		1,	4,71	7,09
13	113	112	9,00	0	54		1,	23,28	8,23
14	52	112	6,00	0	22		1,	1,90	4,47
15	112	111	4,00	0	54		1,	25,18	8,94
16	111	110	10,00	0	64		1,	46,34	11,39
17	201	110	2,00	0	54		1,	17,59	5,98
18	110	101	2,00	0	64		1,	61,73	14,58
19	34	132	15,00	0	22		1,	2,81	6,02
20	35	132	9,00	0	18		1,	1,60	5,36

21	132	130	2,00	0	28		1,	4,41	6,05
22	27	131	4,00	0	28		1,	5,31	7,28
23	26	131	2,00	0	18		1,	1,77	5,93
24	131	130	10,00	0	35		1,	7,08	5,93
25	130	128	2,00	0	35		1,	11,49	9,62
26	24	129	2,00	0	12		1,	0,52	4,46
27	25	129	4,00	0	12		1,	0,50	4,28
28	129	128	2,00	0	15		1,	1,02	5,17
29	128	126	7,00	0	35		1,	12,51	10,47
30	23	127	4,00	0	12		1,	0,33	2,83
31	22	127	2,00	0	15		1,	0,98	4,97
32	127	126	4,00	0	18		1,	1,31	4,39
33	126	124	2,00	0	42		1,	13,82	7,79
34	21	125	3,00	0	15		1,	0,71	3,60
35	20	125	2,00	0	12		1,	0,36	3,09
36	125	124	6,00	0	15		1,	1,07	5,43
37	124	123	2,00	0	42		1,	14,89	8,39
38	123	122	6,00	1	22	35	1,	14,89	7,04
39	122	121	9,00	0	42		1,	14,89	8,39
40	50	121	6,00	0	22		1,	2,37	5,58
41	121	120	3,00	0	42		1,	17,26	9,86
42	53	120	4,00	0	28		1,	3,90	5,87
43	120	111	5,00	0	54		1,	21,16	7,46

Proračun cjevovoda na kapljevinskoj strani:

Tablica 8. Izabrane Cu cijevi za kapljevinski vod kod gornjeg kaskadnog kruga

Kapljevinski cjevovod R134a plus područje

Kupac		**Autor**	Nižić
Projekt	Kaskada R134a/CO2	**Datum**	09.06.2015
Adresa	HRVATSKA		

Max. dozvoljeni pada tlaka	1.00 K	**Stvarni pad tlaka**	0.56 K	
Min. brzina postignuta	0.04 m/s	**Max. brzina postignuta**	1.06 m/s	
Materijal	Cu			

#	od	do	duljina	položaj	da1	da 2	materijal	Qo	w
1	115	59	9,00	0	10		1,	2,64	0,31
2	119	33	6,00	0	10		1,	5,31	0,57
3	119	32	2,00	0	10		1,	5,31	0,57
4	118	119	4,00	0	12		1,	10,62	0,73
5	118	31	2,00	0	10		1,	5,31	0,57
6	117	118	2,00	0	15		1,	15,93	0,65

7	116	117	6,00	2	15		1,	15,93	0,65
8	115	116	4,00	0	15		1,	15,93	0,65
9	113	115	5,00	0	15		1,	18,57	0,76
10	114	51	3,00	0	10		1,	2,35	0,27
11	114	54	5,00	0	10		1,	2,36	0,28
12	113	114	4,00	0	10		1,	4,71	0,55
13	112	113	9,00	0	18		1,	23,28	0,64
14	112	52	6,00	0	10		1,	1,90	0,22
15	111	112	4,00	0	18		1,	25,18	0,70
16	110	111	10,00	0	22		1,	46,34	0,82
17	110	201	2,00	0	15		1,	17,59	0,71
18	300	110	2,00	0	22		1,	61,73	1,06
19	132	34	15,00	0	10		1,	2,81	0,30
20	132	35	9,00	0	10		1,	1,60	0,17
21	130	132	2,00	0	10		1,	4,41	0,47
22	131	27	4,00	0	10		1,	5,31	0,57
23	131	26	2,00	0	10		1,	1,77	0,19
24	130	131	10,00	0	12		1,	7,08	0,49
25	128	130	2,00	0	15		1,	11,49	0,47
26	129	24	2,00	0	10		1,	0,52	0,06
27	129	25	4,00	0	10		1,	0,50	0,05
28	128	129	2,00	0	10		1,	1,02	0,11
29	126	128	7,00	0	15		1,	12,51	0,51
30	127	23	4,00	0	10		1,	0,33	0,04
31	127	22	2,00	0	10		1,	0,98	0,11
32	126	127	4,00	0	10		1,	1,31	0,14
33	124	126	2,00	0	15		1,	13,82	0,56
34	125	21	3,00	0	10		1,	0,71	0,08
35	125	20	2,00	0	10		1,	0,36	0,04
36	124	125	6,00	0	10		1,	1,07	0,11
37	123	124	2,00	0	15		1,	14,89	0,60
38	122	123	6,00	2	15		1,	14,89	0,60
39	121	122	9,00	0	15		1,	14,89	0,60
40	121	50	6,00	0	10		1,	2,37	0,28
41	120	121	3,00	0	15		1,	17,26	0,71
42	120	53	4,00	0	10		1,	3,90	0,46
43	111	120	5,00	0	18		1,	21,16	0,58

Proračun cjevovoda na tlačnoj strani:

Tablica 9. Izabrane Cu cijevi za tlačni vod vod kod gornjeg kaskadnog kruga

Tlačni cjevovod R134a plus područje

Kupac		**Autor**	Nižić
Projekt	Kaskada R134a/CO2	**Datum**	09.06.2015
Adresa	Hrvatska		

Max. dozvoljeni pada tlaka	1.00 K	**Stvarni pad tlaka**	0.82 K	
Min. brzina postignuta	9.56 m/s	**Max. brzina postignuta**	9.56 m/s	
Materijal	Cu			

#	od	do	duljina	položaj	da1	da 2	materijal	Qo	w
1	101	200	20,00	0	35		1,	60,16	9,56

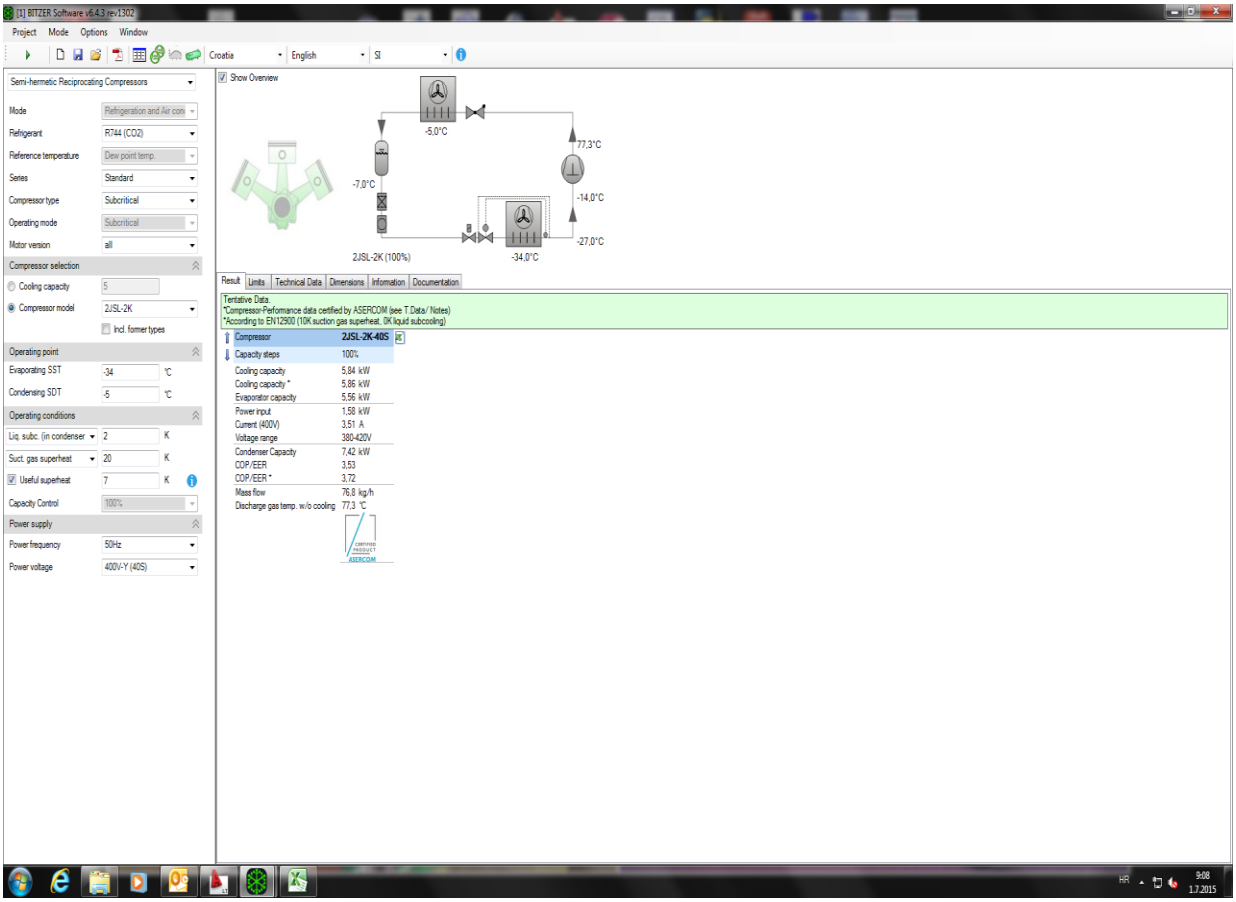
7. ODABIR OPREME

7.1. Odabir kompresora gornjeg i donjeg kaskadnog kruga

Prema odabranim potrošačima koje čine rashladne vitrine i isparivači u komorama, dobiven je ukupni kapacitet isparivača sa kojim se išlo u proračun za odabir kompresora.

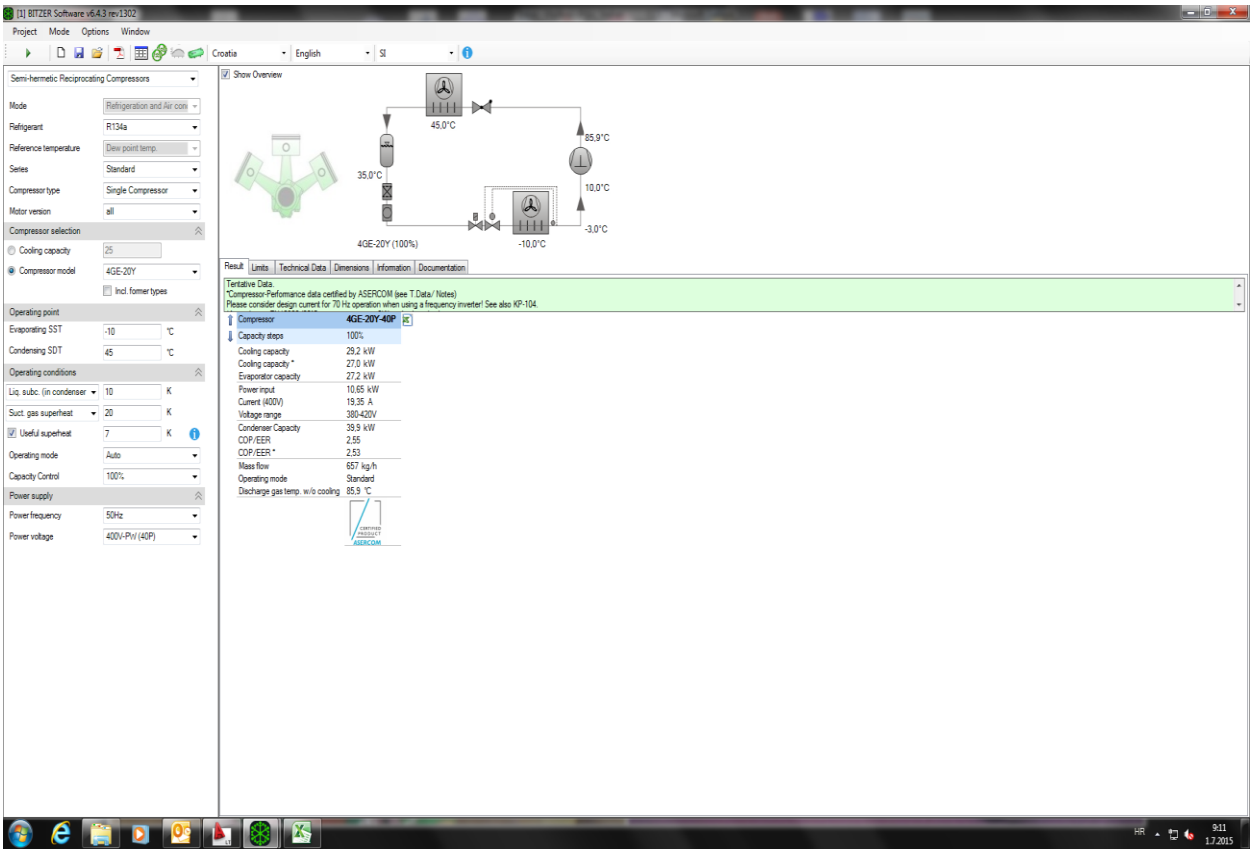
Slijedećim proračunom prema podacima za pokrivanje rashladnih opterećenja odabrane su dvije rashladne centrale, svaka sa po dva poluhermetička kompresora kako ne bi došlo do prestanka rada ako se jedan pokvari.

Odabir je napravljen pomoću računalnog programa „Bitzzer“. Ulazni podaci u programu su vrsta radne tvari, kapacitet isparivača, temperatura isparavanja te temperatura kondenzacije radne tvari. Način odabira kompresora za radnu tvar R134a i za radnu tvar R744 prikazan je na slikama 11. i 12., a tehnička dokumentacija nalazi se u prilogu 3 za R744 kompresore te prilogu 4 za R134a kompresore.



Slika 11. Prikaz odabira kompresora donjeg kaskadnog kruga (R744)

Za MINUS temperaturni režim -34 °C, radna tvar R744, odabran je kompresorski multiset tip „Hybrid Cool“, rashladna centrala se sastoji od dva poluhermetička kompresora proizvoda „BITZER“, tip **2JSL-2K-40S**.



Slika 12. Prikaz odabira kompresora gornjeg kaskadnog kruga (R134a)

Za PLUS temperaturni režim -10 °C, radna tvar R134a, odabrana rashladna centrala se sastoji od dva poluhermetička kompresora proizvoda „BITZER“, tip **4GE-20Y-4P**.

Skup od više kompresora koji rade paralelno naziva se multiset.

U ovom slučaju je uzet multiset proizvođača Carrier kompaktne izvedbe kao na slici ispod.

Tip multiseta je „Hybrid CO_2OL“ što označava da se radi o multisetu koji je izveden u varijanti sa CO_2 u donjoj kaskadi i R134a u gornjoj kaskadi.

Slika 13. Multikompresorski set „Hybrid CO_2OL“

7.2. Odabir kondenzatora

Odabir kondenzatora za ugradnju odabrao sam pomoću programa G*ü*ntner Product Calculator 01/2006 pri čemu su uvrštene vrijednosti snage kompresora dobivene iz prethodnog proračuna za zadane uvjete rada i te klimatski uvjeti za geografsko područje gdje će kondenzator biti instaliran, a tehnička dokumentacija nalazi se u prilogu 5.

Za pokrivanje kondenzatorskog opterećenja, odabran je zrakom hlađeni kondenzator prema tehničkim uvjetima potrošača, a to su:

$\vartheta_{kII} = 46\ °C$ - temperatura kondenzacije gornje kaskade

$\Phi_{kII} = 75{,}01\ kW$ - toplinski tok izmijenjen u kondenzatoru gornje kaskade.

Prema tim uvjetima je odabran kondezator tipa:

S-GVH 080.4D/2-M(S).E

Q = 102,4 kW
L = 32800 m^3/h
n = 600 min^{-1}
G = 712 kg – prazan

Slika 14. Zrakom hlađeni kondenzator proizvođača „Güntner“

7.3. Odabir rashladnih komora

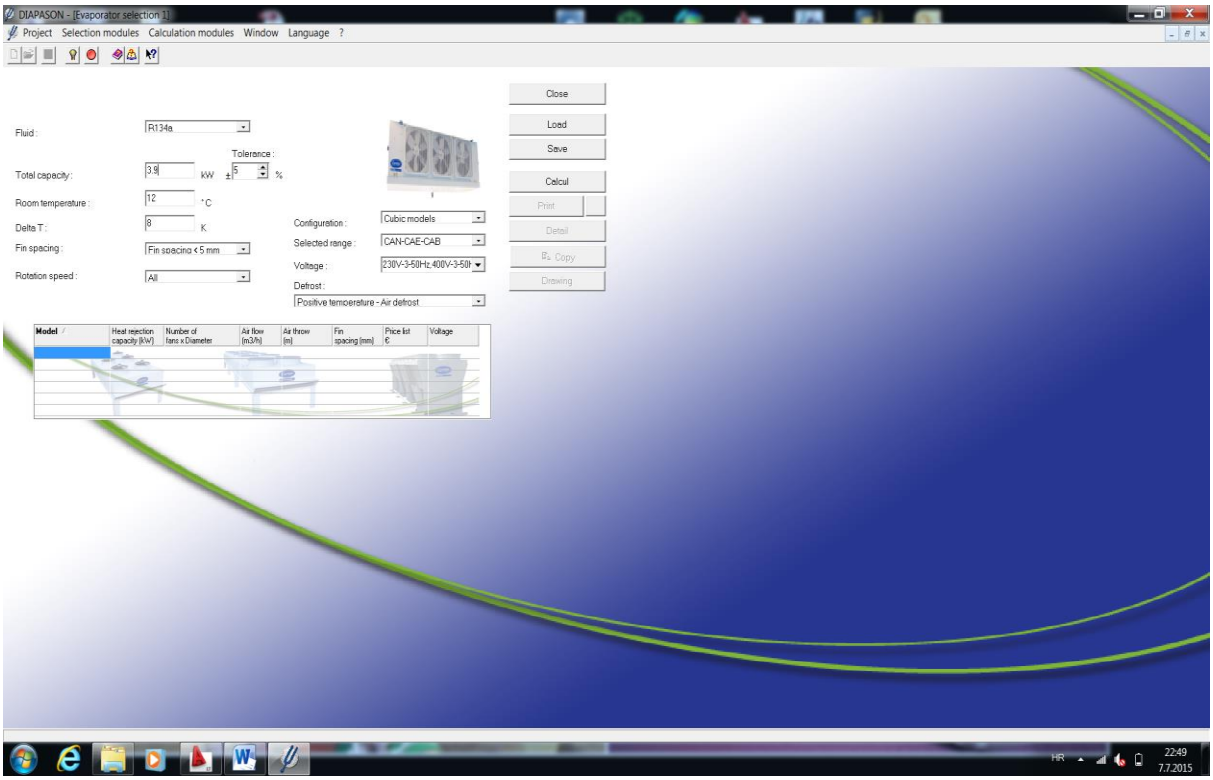
Površine prostorija koje se hlade i vrsta robe koja se hladi i čuva u njima dobivena je od investitora. Potrebna temperatura na kojoj se pojedina vrsta robe treba čuvati određena je zakonom o hrani. Površine i geometrija pojedine komore uzeta je iz radioničkog crteža 01-2015.

Toplinsko opterećenje rashladnih komora dobiveno je uz pomoć računalnog programa „Coold Star“. Ulazni podaci u programu su vrsta radne tvari, željena temperatura unutar komore, otvorenost vrata, volumen komore te vrsta i količina robe.

Izračun za svaku pojedinu komoru označenu prema broju pozicije moguće je vidjeti u prilogu 6.

7.4. Odabir isparivača unutar rashladnih komora

Prema dobivenom opterećenju za pojedinu komoru izabran je isparivač. Odabrani isparivači su od proizvođača „Profroid“. Sama selekcija isparivača napravljena je pomoću računalnog softvera „Diapason“.



Slika 15. Prikaz odabira isparivača pomoću softvera „Diapason“

Isparivač može biti raznih dimenzija i izvedbi sa jednim ili više ventilatora. Veličina i tip određuju kapacitet samog isparivača.

Nasuprot vrata pod stropom komore se nalazi smješten isparivač kao na slici 16.

Slika 16. Isparivač proizvođača „Profroid“ sa prisilnom konvencijom zraka

7.4.1. Rashladne komore u plus području rada

U tablici 10. prikazani su odabrani isparivači u plus području rada za pojedine komore sa pripadajućim kapacitetima hlađenja i temperaturama isparavanja.

Tablica 10. Odabrane rashladne komore za plus područje rada

Vrsta namirnice	Odabrana tip isparivača	Temperatura hlađenja [°C]	Kapacitet hlađenja [kW]	Temperatura isparavanja [°C]
Mliječni proizvodi	CAE 3167-4P	+2/+4	2,35	-5
Komora meso	CAE 3167-4P	0/+2	1,9	-7
Priprema meso	CAE 3167-4P	+12/+15	3,9	+4
Voće i povrće	CAE 3167-4P	+6/+8	2,36	-1
Noćna dostava	CAE 3167-4P	0/+2	2,64	-7

7.4.1. Rashladne komore u minus području rada

U tablici 11. prikazan je odabrani isparivač u minus području rada za prostoriju sa pripadajućim kapacitetom hlađenja i temperaturom isparavanja.

Tablica 11. Odabrane rashladne komore za minus područje rada

Vrsta namirnice	Odabrana tip isparivača	Temperatura hlađenja [°C]	Kapacitet hlađenja [kW]	Temperatura isparavanja [°C]
Duboko zamrzavanje	SGBE 23-F32	-12/-10	2,43	-20

7.5. Odabir rashladnih vitrina

Rashladne vitrine su odabrane prema zahtjevima investitora prema za količinu hrane i temperaturnim režimima. Vitrine su odabrane prema katalozima firme Carrier a popis korištenih vitrina, njihov rashladni učin slijedi u tablicama. Od proizvođača su dobiveni podatci o kapacitetu i temperaturama isparavanja za odabrane tipove vitrina.

Slika 17. Rashladna vitrina proizvođača „Carrier“

7.5.1. Rashladne vitrine u plus području rada

U tablici 12. prikazani su kapaciteti hlađenja i temperature isparavanja koje odgovaraju odabranim vitrinama u plus području rada.

Tablica 12. Odabrane rashladne vitrine za plus područje rada

Vrsta namirnice	Odabrana rashladna vitrina	Temperatura hlađenja [°C]	Kapacitet hlađenja [kW]	Temperatura isparavanja [°C]
Perad	Hera 125 90 H	0/+2	0,36	-9
Meso	Hera 250 90 H	0/+2	0,71	-9
Kobasice	Hera 375 90 H	+4/+6	0,98	-7
Salata	Hera 125 90 H	+4/+6	0,3	-7
Sir	Hera 188 S 90 H	+4/+6	0,52	-7
Slastice	Bakery H3-32-Z	+4/+6	0,5	-6
Meso	Mendos 125 A.L	0/+2	1,77	-9
Kobasice	Mendos 375 A.L	0/+2	5,31	-9
Mliječni proizvodi	Mendos 375 A.L	+4/+6	5,31	-9
Mliječni proizvodi	Mendos 375 A.L	+4/+6	5,31	-9
Mliječni proizvodi	Mendos 375 A.L	+4/+6	5,31	-9
Voće i povrće	Mirado 74.250 B5	0/+2	2,81	-7
Sendviči	Medea 188 ST 90H	+4/+6	1,6	-7

7.5.1. Rashladne vitrine u minus području rada

U tablici 13. su odabrane rashladne vitrine pema katalogu proizvođača „Carrier“ te su prikazani kapaciteti hlađenja i temperature isparavanja za svaku od rashladnih vitrina.

Tablica 13. Odabrane rashladne vitrine za minus područje rada

Vrsta namirnice	Odabrana rashladna vitrina	Temperatura hlađenja [°C]	Kapacitet hlađenja [kW]	Temperatura isparavanja [°C]
Zamrznuti proiz	Velando 3D AF.A8L	-22/-24	1,51	-34
Zamrznuti proiz	Velando 3D AF.A8L	-22/-24	1,51	-34
Zamrznuti proiz	Velando 3D AF.A8L	-22/-24	1,51	-34
Zamrznuti proiz	Velando 3D AF.A8L	-22/-24	1,51	-34
Zamrznuti proiz	AIB 0685 S	-22/-24	1,90	-34

8. SPECIFIKACIJA KOMPONENTI SUSTAVA I MATERIJALA

Tablica 14. Specifikacija materijala

Specifikacija materijala	Karakteristike	Naziv	Komada
Kompresor BITZZER	P=5,84 kW, ϑi= -34°C, ϑk=-5°C poluhermetički sa radnom tvari R744	2JSL-2K-40S	2
Kompresor BITZZER	P=29,2 kW, ϑi= -10°C, ϑk=+45°C poluhermetički sa radnom tvari R134a	4GE-20Y-4P	2
Kaskadni izmjenjivač ALFA LAVAL	Q=14,7 kW	ACH-120EQ-140H	1
Kondenzator GUNTNER	Q=102,4 kW, ϑk=+45,1°C	S-GVH 080.4D/2-M(S).E	1
Isparivač PROFROID	Qi=3,9 kW, ϑi=-7°C	CAE 3167-4P	5
Isparivač PROFROID	Qi=2,43 kW, ϑi=-20°C	SGBE 23-F32	1
Vitrine CARRIER	Qi=0,3 ÷ 5,31 kW, ϑi=-6 ÷ -34 °C	Hera, Bakery, Mendos, Mirado, Medea, Velando, AIB	18
Sakupljač BITZZER	V=30 l	F302K	1
Odvajač ulja	„BITZZER“	OA14111	1
Filter-sušač	"DANFOSS"	DML 163	16
Kontrolno staklo	R404A	SGI10s	3
Elektromagnetski ventil	"DANFOSS"	EVR6s	23
Termoekspanzijski ventil	"DANFOSS"	TES 2 +T/TE2	20
Prestrujni ventili	"DANFOSS"	AVDO 20	8
Ventil	"DANFOSS"	GBC 10s	8
Ventil	"DANFOSS"	GBC 12s	10
Ventil	"DANFOSS"	GBC 16s	5
Ventil	"DANFOSS"	GBC 28s	9
Presostat	"DANFOSS"	KP15	4
Cijev	Bakrene	CuØ10x1	224m

Cijev	Bakrene	CuØ12x1	48m
Cijev	Bakrene	CuØ15x1	81m
Cijev	Bakrene	CuØ18x1	37m
Cijev	Bakrene	CuØ22x1	146m
Cijev	Bakrene	CuØ28x1,5	24m
Cijev	Bakrene	CuØ35x1	75m
Cijev	Bakrene	CuØ42x1	27m
Cijev	Bakrene	CuØ54x1	20m
Cijev	Bakrene	CuØ64x1	12m
Elektro-komandni ormari	sa odgovarajućom opremom za upravljanje iz strojarnice		1
Regulacija sustava	VPR3000		1

9. ZAKLJUČAK

U ovom radu je napravljeno kompletno projektno rješenje kaskadnog rashladnog sustava supermarketa s radnom tvari CO_2 u donjoj kaskadi. Napravljen je proračun svih rashladnih komora i vitrina za hlađenje kao i proračun i odabir svih komponenti rashladnog postrojenja. Ucrtan je raspored opreme i raspored instalacija te je proračunat cjevovod. Izrađena je detaljna shema spajanja sa pripadajućim dimenzijama cjevovoda. Nacrtan je raspored opreme u strojarnici. Detaljno je opisan način regulacije pojedinih dijelova rashladnog postrojenja i pojedinih uređaja.

U novije vrijeme ovaj sustav ima sve veću primjenu zbog toga što je CO_2 prirodna radna tvar te ne oštećuje ozonski omotač a samim time je utjecaj na globalno zatopljavanje manji u odnosu s radnim tvarima kao što su CFC i HCFC.

Osim šta je ekološki prihvatljiv za okoliš ovakav sustav ima i odlična termodinamička svojstva što rezultira manjim komponentama rashladnog sustava. Amonijak/CO2 kaskadni sustavi imaju najvišu efikasnost. Ako se koristi HFC na gornjoj kaskadi, R134a je poželjna opcija zbog svojih termodinamičkih svojstava i nižeg GWP potencijala.

Izradom ovog rada naučio sam mnogo o projektiranju ovakvog jednog sustava a i shvatio sam kompleksnost projektiranja koja nije samo nasumični odabir komponenata nego stapanje svih komponenata u jednu cijelinu da bi sve funkcioniralo bez većih poteškoća.

LITERATURA

[1] B. Pavković: Tehnika hlađenja; Tehnički fakultet; Sveučilište u Rijeci

[2] T. Ćurko: Hlađenje i dizalice topline, radni udžbenik; Zagreb, 2008.

[3] D. Mađerić, Ž. Kondić, Z. Botak: CO2 kao radna tvar u suvremenim rashladnim sustavima; Veleučilište u Varaždinu, Varaždin

[4] T. Ćurko, M. Malovec ; Radne tvari u tehnici hlađenja

[5] Solar Ashrae Handbook – Refrigeration, SI Edition

[6] Priručnik KalteTechnik, Pohlmann

[7] T. Ćurko, V. Soldo, M. Grozdek: Projektiranje rashladnih sustava, radni udžbenik; Zagreb 2011.

[8] Katalog proizvođača Carrier

[9] Katalog proizvođača Danfoss

[10] Softver Bitzer, Güntner, Engineering Tool, Coold Star

PRILOZI

I. CD-R disk

II. Grafički prilog (nacrti)

III. R744 kompresor Bitzer „2JSL-2K-40S“

IV. R134a kompresor Bitzer „4GE-20Y-4P“

V. Kondenzator Güntner

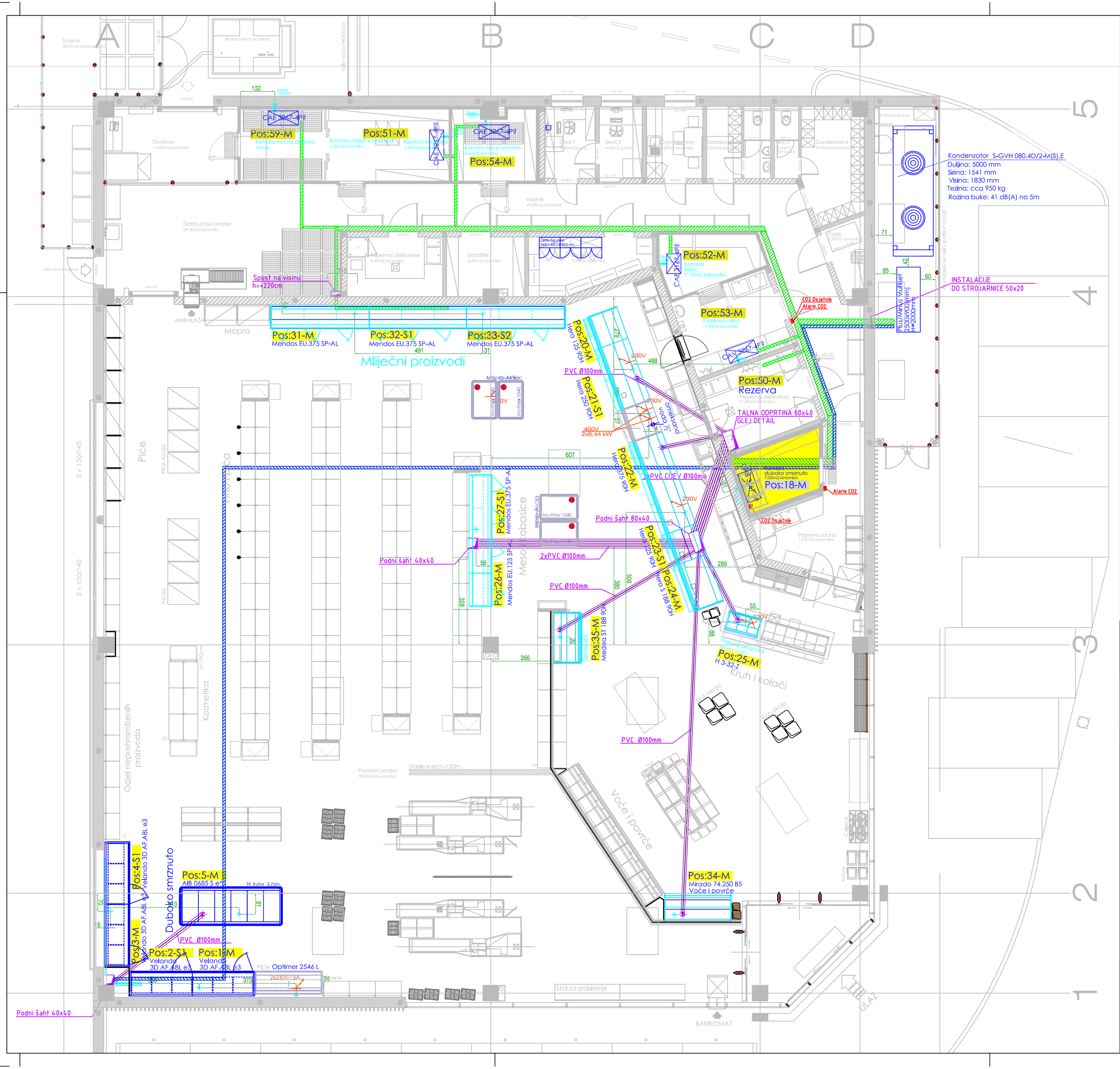
VI. Izračun rashladnih komora

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

PRILOG II

Grafički prilog (nacrti)



OZNAKA	OPIS
	Odvod kondenzata sa vitrine D=40
	Odvod kondenzata sa isparivača u rashladnoj komori
	Podni sifon
	Priključak hladne vode
	Priključak tople vode D=3/4"
	Elektro priključak 230V za rashladne vitrine
	PLUS - Instalacija plus područja smještena ispod stropa
	PLUS - Instalacija plus područja ispod vitrina
	MINUS - Instalacija minus područja smještena ispod stropa
	MINUS - Instalacija minus područja ispod vitrina
	PVC Cijev za cijevi rashladne tehnike
	Instalaciski šaht za rashladnu tehniku

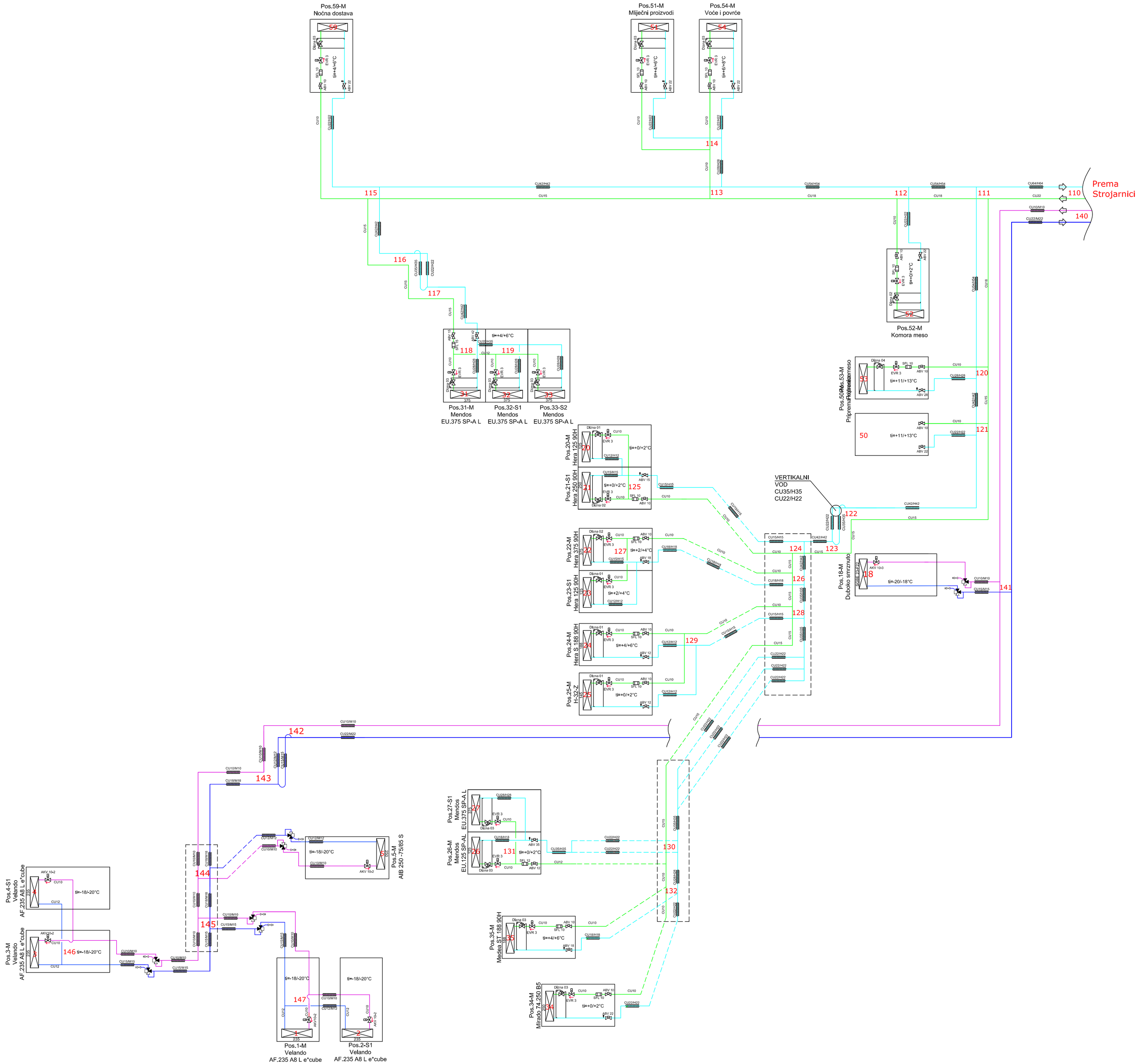
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	23.06.15.	Joško Nižić	
Razradio	23.06.15.	Joško Nižić	
Crtao	23.06.15.	Joško Nižić	
Pregledao			

FSB Zagreb

Objekt: Instalaciski plan

Objekt: Zgrada supermarketa

Crtež: 01-2015



Legenda:

- Usis plus područje
- Kapljevina plus područje
- Kapljevina minus područje
- Usis minus područje
- Prestrujni ventil
- Termoekspanziski ventil
- Elektomagnetski ventil
- Filter kapljevine
- Zaporni ventil
- Servisni priključak za mjerenje tlaka

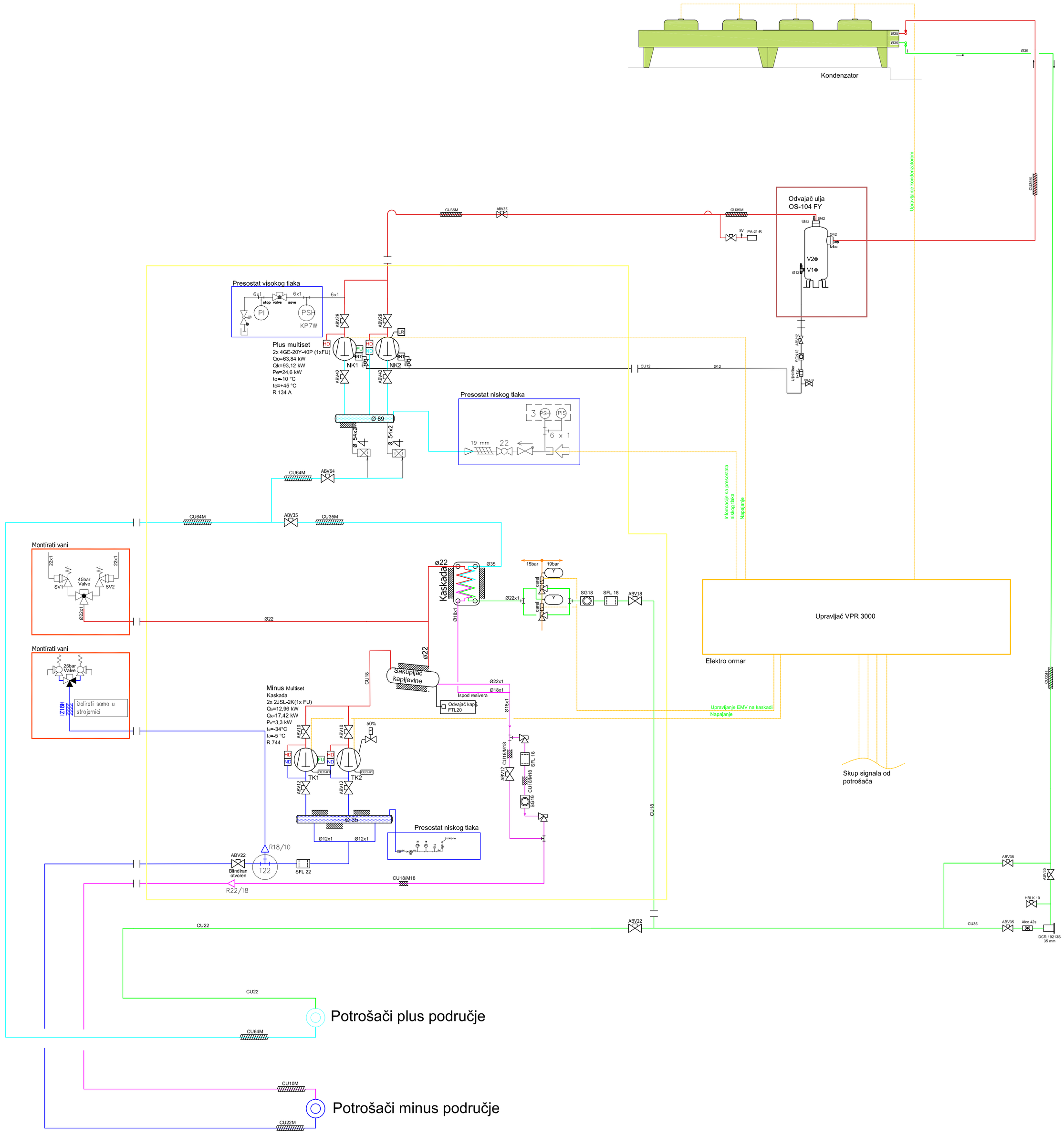
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	23.06.15.	Joško Nižić	
Razradio	23.06.15.	Joško Nižić	
Crtao	23.06.15.	Joško Nižić	
Pregledao			

FSB Zagreb

Objekt: Shema razvoda cjevovoda

Objekt: Zgrada supermarketa

Crtež: 02-2015



- Rashladni multiset
- Sigurnosni ventili montirani vani
- Regulacija

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	28.06..'15.	Joško Nižić	
Razradio	28.06..'15.	Joško Nižić	
Crtao	28.06..'15.	Joško Nižić	
Pregledao			

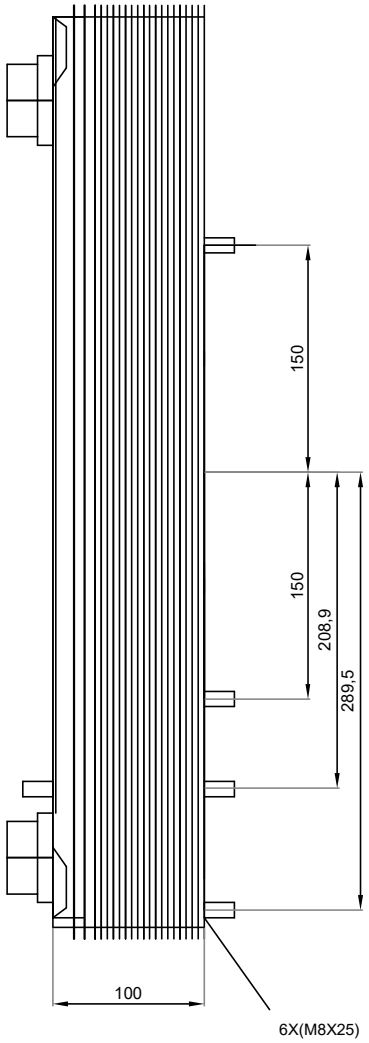
FSB Zagreb

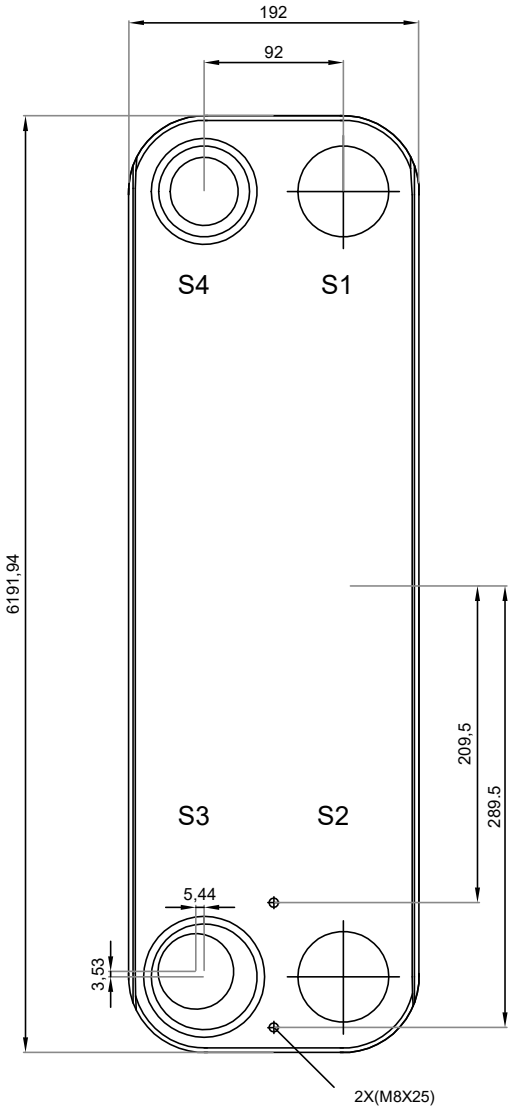
Objekt: Shema – Strojarnice

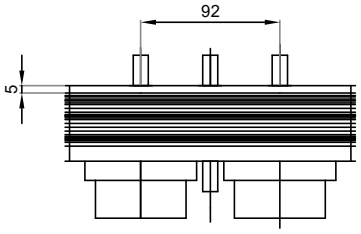
Objekt: Zgrada supermarketa

Crtež: 03 - 2015

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100







	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	01.11.15.	Joško Nižić	
Razradio	01.11.15.	Joško Nižić	
Crtao	01.11.15.	Joško Nižić	
Pregledao			

FSB Zagreb

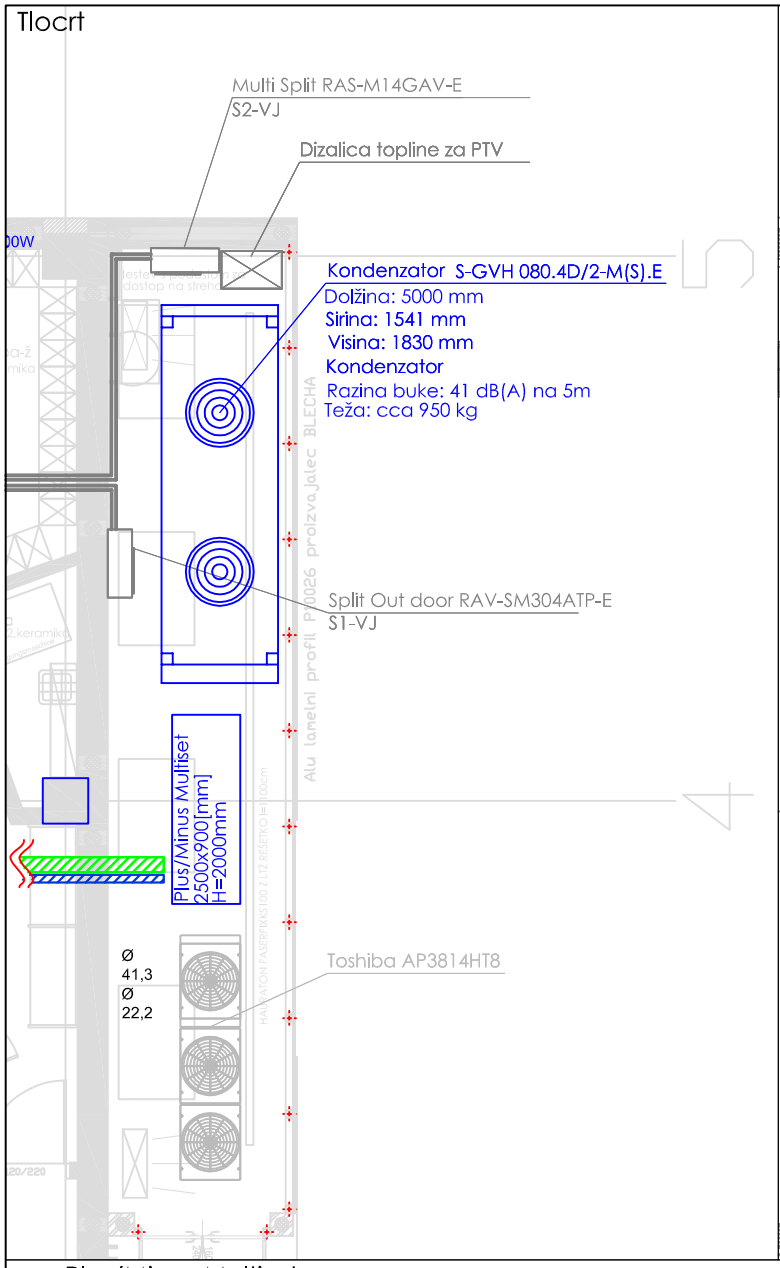
Objekt: Kondenzator donje kaskade (Isparivač gornje kaskade)

Objekt: Kondenzator donje kaskade

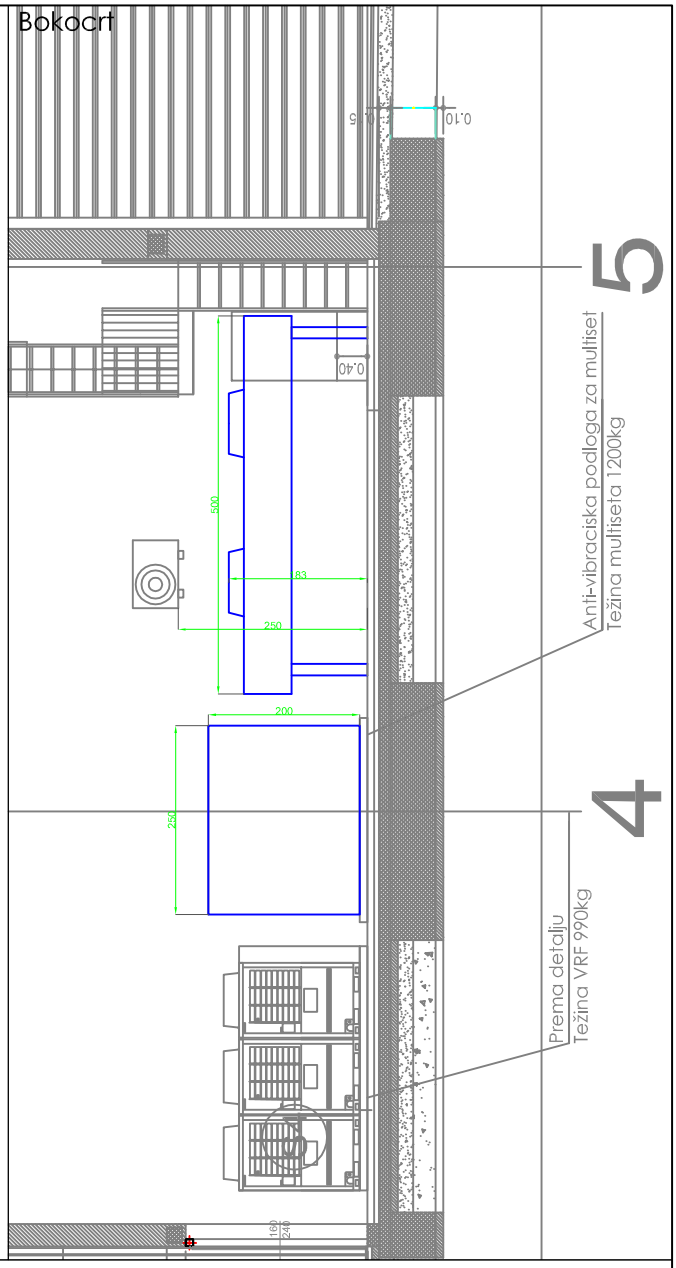
Crtež: 04-2015

Mjerilo: 1:50

Tlocrt

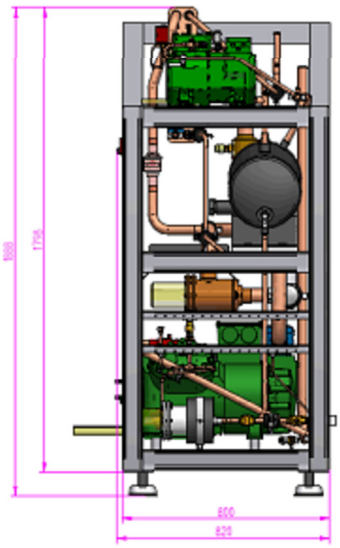


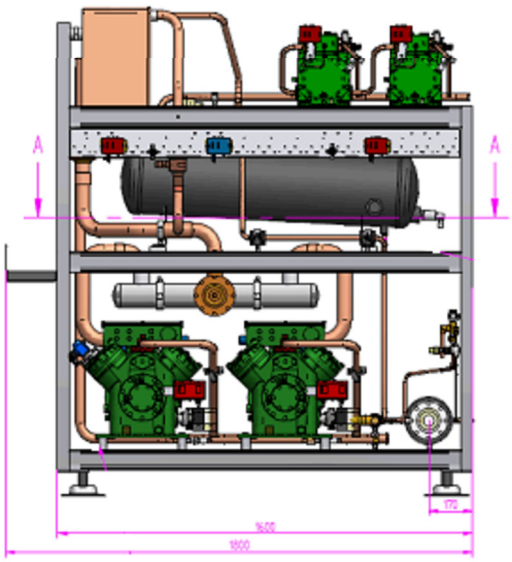
Bokocrt



Plus/Minus Multiset

Kompaktna izvedba sa kućištem za vanjsku ugradnju





	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	22.11.15.	Joško Nižić	
Razradio	22.11.15.	Joško Nižić	
Crtao	22.11.15.	Joško Nižić	
Pregledao			

FSB Zagreb

Objekt: Dispozicijski nacrt strojarnice

Objekt: Dispozicijski nacrt strojarnice

Crtež: 05-2015

Mjerilo: 1:100

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

PRILOG III

R744 kompresor Bitzer „2JSL-2K-40S“

BITZER Output data

Created on : 1.7.2015 9:15:50

Table of content

Project survey

Selected compressors

Semi-hermetic Reciprocating Compressors	1x	2JSL-2K

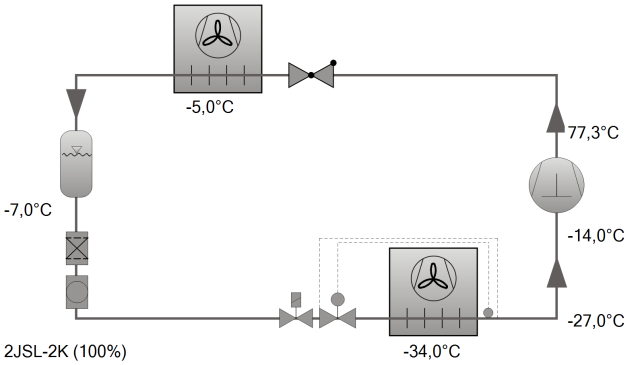
Chosen accessory

Horizontal receivers	1x	F302K

Compressor Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Input Values

Compressor model	2JSL-2K
Mode	Refrigeration and Air conditioning
Refrigerant	R744
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-34,00 °C
Condensing SDT	-5,00 °C
Liq. subc. (in condenser)	2,00 K
Suct. gas superheat	20,00 K
Operating mode	Subcritical
Power supply	400V-3-50Hz
Capacity Control	100%
Useful superheat	7,00 K



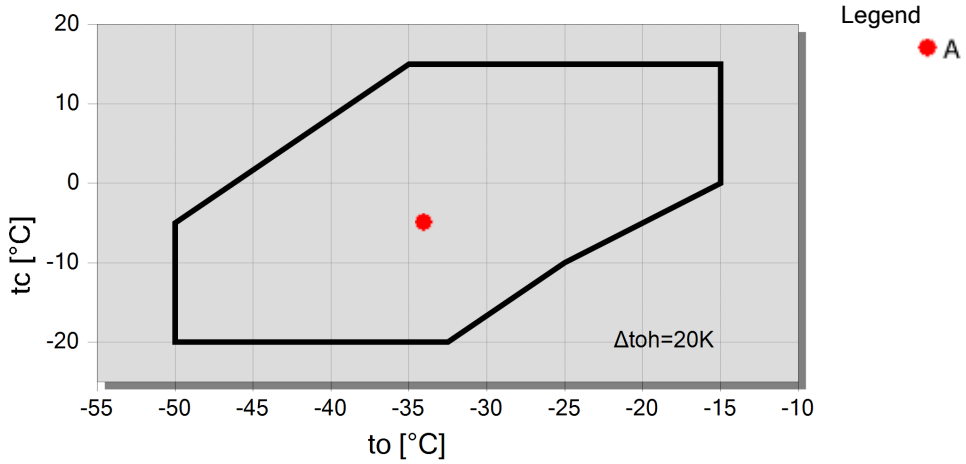
Result

Compressor	2JSL-2K-40S
Capacity steps	100%
Cooling capacity	5,84 kW
Cooling capacity *	5,86 kW
Evaporator capacity	5,56 kW
Power input	1,58 kW
Current (400V)	3,51 A
Voltage range	380-420V
Condenser Capacity	7,42 kW
COP/EER	3,53
COP/EER *	3,72
Mass flow	76,8 kg/h
Discharge gas temp. w/o cooling	77,3 °C

CERTIFIED PRODUCT ASERCOM

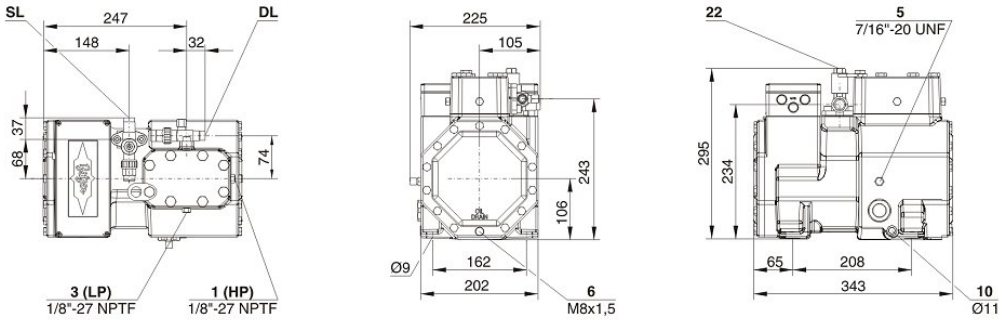
Tentative Data.
*Compressor-Performance data certified by ASERCOM (see T.Data/ Notes)
*According to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)

Application Limits



Technical Data: 2JSL-2K

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data	
Displacement (1450 RPM 50Hz)	3,48 m3/h
Displacement (1750 RPM 60Hz)	4,19 m3/h
No. of cylinder x bore x stroke	2 x 34 mm x 22 mm
Weight	48 kg
Max. pressure (LP/HP)	30 / 53 bar
Connection suction line	16 mm - 5/8"
Connection discharge line	12 mm - 1/2"
Oil type R744 (CO2)	BSE60K (Standard) BSE85K (Option)
Motor data	
Motor version	1
Motor voltage (more on request)	380-420V -50Hz
Max operating current	4.6 A
Starting current (Rotor locked)	25.5 A
Max. Power input	2,4 kW
Extent of delivery (Standard)	
Motor protection	SE-B1
Enclosure class	IP65
Vibration dampers	Standard
Oil charge	1,00 dm³
Available Options	
Crankcase heater	0..60 W PTC (Option)
Sound measurement	

Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Motor 1 = e.g. 4TES-12 (4TCS-12.2) with 12"HP", primary for air-conditioning (e.g. R22,R407C) and air-conditioning with R134a at high ambient temperatures
Motor 2 = e.g. 4TES-9 (4TCS-8.2) with 8"HP", universal Motor for medium and low temperature application (e.g. R404A, R507A, R407A, R407F) and air-conditioning with R134a.
Motor 3 = e.g. 4TES-8, for medium temperature applications and R134a
For more information concerning the application range use the "Limits" button.

Operation modes 4VES-7 (4VCS-6.2) to 6FE-44 (6F-40.2) and 44JE-30 (44J-26.2) to 66FE-88 (66F-80.2) with R407F/R407A/R22:
CIC = liquid injection with low temperature application, suction gas cooled motor

ASERCOM certified performance data:
The Association of European Refrigeration Component Manufacturers has implemented a procedure of certifying performance data. The high standard of these certifications is assured by:
-- plausibility tests of the data performed by experts
-- regular measurements at independent institutes
These high efforts result in the fact that only a limited number of compressors can be submitted. Due to this not all BITZER compresors are certified until now.
Performance data of compressors which fulfil the strict requirements may carry the label "ASERCOM certified". In this software you will find the label at the respective compressors on the right side below the field "result" or in the print out of the performance data. All certified compressors and further information are listed on the homepage of ASERCOM (www.ASERCOM.org).

Condensing capacity:
The condensing capacity can be calculated with or without heat rejection. This option can be set in the menu PROGRAM/ OPTIONS. The heat rejection is constantly 5% of the power consumption. The condensing capacity is to be found in the line Condensing cap. (with HR) resp. Condensing capacity.

Data for sound emission:
Data based on 50 HZ apllication (IP-units 60Hz) and R404A if not declared.
Sound pressure level: values based on free field area conditions with hemisperhical sound emission in 1 meter distance.

General remarks regarding sound data:
Listed sound data were measured under testing conditions in our laboratory. For this purpose the free-standing test sample is mounted on a solid foundation plate and the pipework is connected vibration-free to the largest extend possible. Suction and discharge lines are fixed in a flexible configuration, such that a transmission of vibrations to the environment can be largely excluded. In real installations considerable differences might be observed, compared to the measurements in the laboratory. The airborne sound emitted by the compressor can be reflected from surfaces of the system and this may increase the airborne sound level measured close to the compressor. Vibrations caused by the compressor are also transferred to the system by the compressor feet and piping depending on the damping ratio of the fixings. Thus, the vibrations can induce other components to such an extent that these components contribute to an increase in airborne sound emission. If required, the transfer of vibrations to the system can be minimized by suitable fixing and damping elements.

Legend of connection positions according to "Dimensions":

1 High pressure connection (HP)
2 Discharge gas temperature sensor (HP)
3 Low pressure connection (LP)
4 CIC system: spray nozzle (LP)
4b CIC sensor
5 Oil fill plug
6 Oil drain (magnetic screw)
7 Oil filter
8 Oil return (oil separator)
9 Oil and gas equalization (parallel operation)
9a Gas equalization (parallel operation)
9b Oil equalization (parallel operation)
10 Crankcase heater
11 Oil pressure connection +
12 Oil pressure connection -
13 Cooling water connection
16 Connection for differential oil pressure switch "Delta-P"

Horizontal receivers

Input Values

Common	Yes
Auto	
Operating point	Auto

Operating Points

	A
to [°C]	-34
tc [°C]	-5

Result

Compressor:	
Recommendation:	F302K
Selection	F302K
Recommended operating point:	A
Selected operating point:	A
Receiver volume	30,0 dm³
max refrigerant charge	23,6 kg
receiver load	46,6 %
Receiver unit	indivi. components
lower fixing rails	327301-05
upper fixing rails	--
upper fixing plate	320366-02

#1: Receiver selection for compact systems without condensing pressure control. Precise calculation only via refrigerant charge (see notes).

Liquid receiver

Selection of the receivers:

1) "Approx. according to cooling capacity":

The receiver volume is determined by the design of the unit, the operating mode and the function of the receiver (receiving the complete refrigerant charge in the receiver or only compensating capacity variations). When selected via cooling capacity, an approximate selection of the receiver is obtained.
Receivers in systems with long pipelines, winter control or in very compact systems should be selected according to method 2).

2) "According to refrigerant charge in the receiver":

The calculation is made on the basis of the specified refrigerant charge. The receiver volume is determined at 20°C and at a maximum filling charge of 95% of the possible receiver content.

Compressor units equipped with receiver

The BITZER range of products comprises compressor units with horizontal receivers. In the output window of the accessories these units, which are included in the standard delivery, are marked with “mounted” in the compressor unit line. Units that can be mounted, but are not included in the Bitzer delivery program, are marked with “single parts”. Units in which the compressor does not fit onto the receiver are marked with "--".

Legend of connection positions according to "Dimensions":

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

PRILOG IV

R134a kompresor Bitzer „4GE-20Y-4P“

BITZER Output data

Created on : 1.7.2015 9:14:39

Table of content

Project survey

Selected compressors

Semi-hermetic Reciprocating Compressors	1x	4GE-20Y

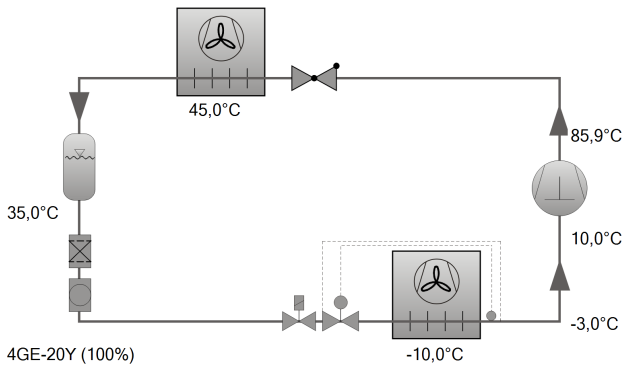
Chosen accessory

Horizontal receivers	1x	F552T

Compressor Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Input Values

Compressor model	4GE-20Y
Mode	Refrigeration and Air conditioning
Refrigerant	R134a
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-10,00 °C
Condensing SDT	45,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	10,00 K
Suct. gas superheat	20,00 K
Operating mode	Auto
Power supply	400V-3-50Hz
Capacity Control	100%
Useful superheat	7,00 K



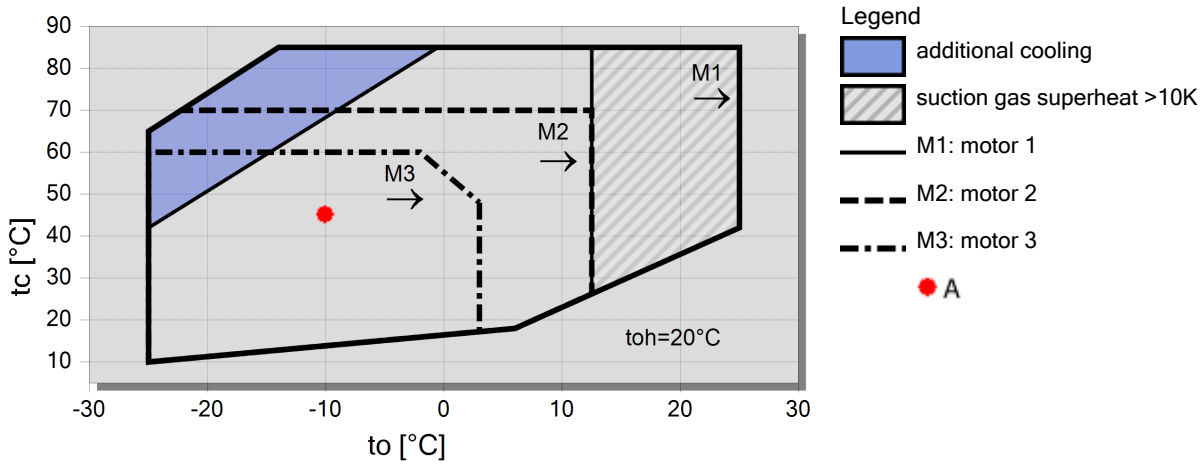
Result

Compressor	4GE-20Y-40P
Capacity steps	100%
Cooling capacity	29,2 kW
Cooling capacity *	27,0 kW
Evaporator capacity	27,2 kW
Power input	10,65 kW
Current (400V)	19,35 A
Voltage range	380-420V
Condenser Capacity	39,9 kW
COP/EER	2,55
COP/EER *	2,53
Mass flow	657 kg/h
Operating mode	Standard
Discharge gas temp. w/o cooling	85,9 °C

CERTIFIED PRODUCT ASERCOM

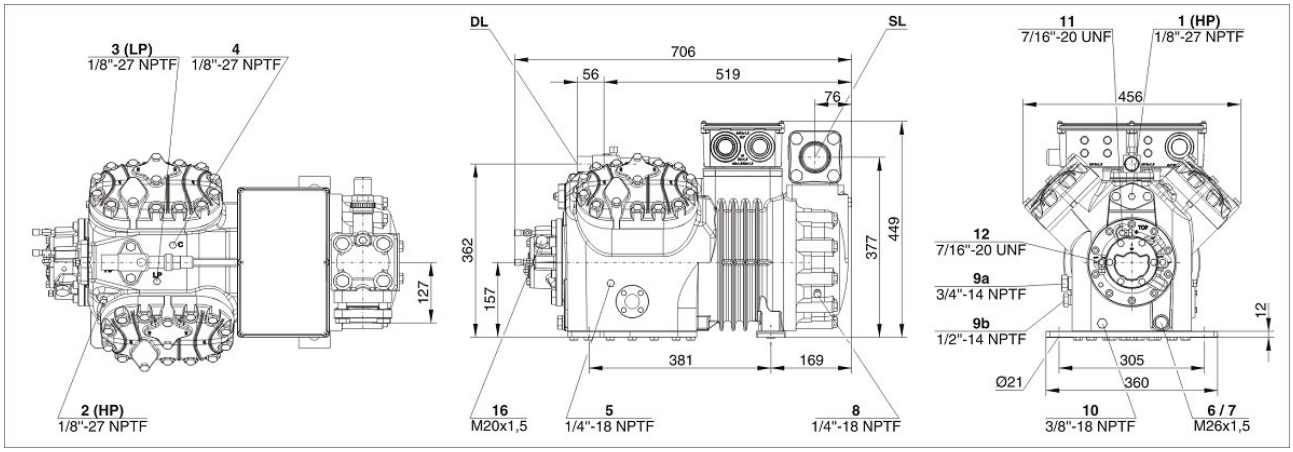
Tentative Data.
*Compressor-Performance data certified by ASERCOM (see T.Data/ Notes)
Please consider design current for 70 Hz operation when using a frequency inverter! See also KP-104.
*According to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

Application Limits 100%



Technical Data: 4GE-20Y

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data	
Displacement (1450 RPM 50Hz)	84,5 m³/h
Displacement (1750 RPM 60Hz)	101,98 m³/h
Frequency range	25..70 Hz
No. of cylinder x bore x stroke	4 x 75 mm x 55 mm
Weight	192 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 32 bar
Connection suction line	54 mm - 2 1/8"
Connection discharge line	28 mm - 1 1/8"
Oil type R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Motor data	
Motor version	3
Motor voltage (more on request)	380-420V -50Hz
Max operating current	25.9 A
Max operating current 70Hz/400V/FI	38,1 A
Winding ratio	50/50
Starting current (Rotor locked)	97.0 A Y / 158.0 A YY
Max. Power input	16,0 kW
Extent of delivery (Standard)	
Motor protection	SE-B2
Enclosure class	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Vibration dampers	Standard
Oil charge	4,50 dm³
Available Options	
Discharge gas temperature sensor	Option
Start unloading	Option
Capacity control	100-50% (Option)
Capacity Control - infinite	100-10% (Option)
Additional fan	Option
Oil service valve	Option
Crankcase heater	140 W (Option)
Oil pressure monitoring	MP54 (Option), Delta-PII
Sound measurement	
Sound power level (-10°C / 45°C)	79,0 dB(A) @50Hz
Sound pressure level @ 1m (-10°C / 45°C)	71 dB(A) @50Hz

Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Motor 1 = e.g. 4TES-12 (4TCS-12.2) with 12"HP", primary for air-conditioning (e.g. R22,R407C) and air-conditioning with R134a at high ambient temperatures
Motor 2 = e.g. 4TES-9 (4TCS-8.2) with 8"HP", universal Motor for medium and low temperature application (e.g. R404A, R507A, R407A, R407F) and air-conditioning with R134a.
Motor 3 = e.g. 4TES-8, for medium temperature applications and R134a
For more information concerning the application range use the "Limits" button.

Operation modes 4VES-7 (4VCS-6.2) to 6FE-44 (6F-40.2) and 44JE-30 (44J-26.2) to 66FE-88 (66F-80.2) with R407F/R407A/R22:
CIC = liquid injection with low temperature application, suction gas cooled motor

ASERCOM certified performance data:
The Association of European Refrigeration Component Manufacturers has implemented a procedure of certifying performance data. The high standard of these certifications is assured by:
-- plausibility tests of the data performed by experts
-- regular measurements at independent institutes
These high efforts result in the fact that only a limited number of compressors can be submitted. Due to this not all BITZER compresors are certified until now.
Performance data of compressors which fulfil the strict requirements may carry the label "ASERCOM certified". In this software you will find the label at the respective compressors on the right side below the field "result" or in the print out of the performance data. All certified compressors and further information are listed on the homepage of ASERCOM (www.ASERCOM.org).

Condensing capacity:
The condensing capacity can be calculated with or without heat rejection. This option can be set in the menu PROGRAM/ OPTIONS. The heat rejection is constantly 5% of the power consumption. The condensing capacity is to be found in the line Condensing cap. (with HR) resp. Condensing capacity.

Data for sound emission:
Data based on 50 HZ apllication (IP-units 60Hz) and R404A if not declared.
Sound pressure level: values based on free field area conditions with hemisperhical sound emission in 1 meter distance.

General remarks regarding sound data:
Listed sound data were measured under testing conditions in our laboratory. For this purpose the free-standing test sample is mounted on a solid foundation plate and the pipework is connected vibration-free to the largest extend possible. Suction and discharge lines are fixed in a flexible configuration, such that a transmission of vibrations to the environment can be largely excluded. In real installations considerable differences might be observed, compared to the measurements in the laboratory. The airborne sound emitted by the compressor can be reflected from surfaces of the system and this may increase the airborne sound level measured close to the compressor. Vibrations caused by the compressor are also transferred to the system by the compressor feet and piping depending on the damping ratio of the fixings. Thus, the vibrations can induce other components to such an extent that these components contribute to an increase in airborne sound emission. If required, the transfer of vibrations to the system can be minimized by suitable fixing and damping elements.

Legend of connection positions according to "Dimensions":

1 High pressure connection (HP)
2 Discharge gas temperature sensor (HP)
3 Low pressure connection (LP)
4 CIC system: spray nozzle (LP)
4b CIC sensor
5 Oil fill plug
6 Oil drain (magnetic screw)
7 Oil filter
8 Oil return (oil separator)
9 Oil and gas equalization (parallel operation)
9a Gas equalization (parallel operation)
9b Oil equalization (parallel operation)
10 Crankcase heater
11 Oil pressure connection +
12 Oil pressure connection -
13 Cooling water connection
16 Connection for differential oil pressure switch "Delta-P"

Horizontal receivers

Input Values

Common	Yes
Auto	
Operating point	Auto

Operating Points

	A
to [°C]	-10
tc [°C]	45

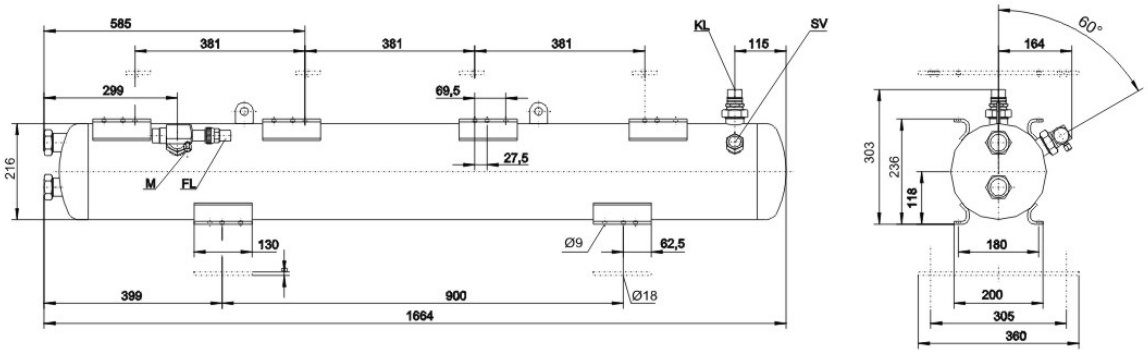
Result

Compressor:	
Recommendation:	F552T
Selection	F552T
Recommended operating point:	A
Selected operating point:	A
Receiver volume	54,0 dm³
max refrigerant charge	59,6 kg
receiver load	73,9 %
Receiver unit	mounted compl.
lower fixing rails	327301-06
upper fixing rails	327301-10
upper fixing plate	320366-02

#1: Receiver selection for compact systems without condensing pressure control. Precise calculation only via refrigerant charge (see notes).

Technical Data: F552T

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data	
Weight	45,5 kg
Total width	1664 mm
Total depth	272 mm
Total height	303mm
Receiver volume refrigerant	54,0 l
Max. refrigerant charge 90% at 20°C	20°C
R22	58,8 kg
R134a	59,6 kg
R407C	56,3 kg
R404A/R507A	51,9 kg
Connection inlet KL	28mm - 1 1/8"
Connection thread/ -flange	1 3/4" - 12 UNF
Connection outlet FL	28mm - 1 1/8"
Connection thread/ -flange	1 3/4" - 12 UNF
Gauge	7/16" 20UNF
Connection for pressure relief valve	1 1/4"-12UNF
Adapter for pressure relief valve	Option
Minimum level control	Option
Maximum level control	Option
*According PED 97/23/EC	Standard
Special Approvals (on request)	Option

Liquid receiver

Selection of the receivers:

1) "Approx. according to cooling capacity":

The receiver volume is determined by the design of the unit, the operating mode and the function of the receiver (receiving the complete refrigerant charge in the receiver or only compensating capacity variations). When selected via cooling capacity, an approximate selection of the receiver is obtained.
Receivers in systems with long pipelines, winter control or in very compact systems should be selected according to method 2).

2) "According to refrigerant charge in the receiver":

The calculation is made on the basis of the specified refrigerant charge. The receiver volume is determined at 20°C and at a maximum filling charge of 95% of the possible receiver content.

Compressor units equipped with receiver

The BITZER range of products comprises compressor units with horizontal receivers. In the output window of the accessories these units, which are included in the standard delivery, are marked with “mounted” in the compressor unit line. Units that can be mounted, but are not included in the Bitzer delivery program, are marked with “single parts”. Units in which the compressor does not fit onto the receiver are marked with "--".

Legend of connection positions according to "Dimensions":

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

PRILOG V

Kondenzator Güntner

Carrier Kältetechnik Austria GesmbH

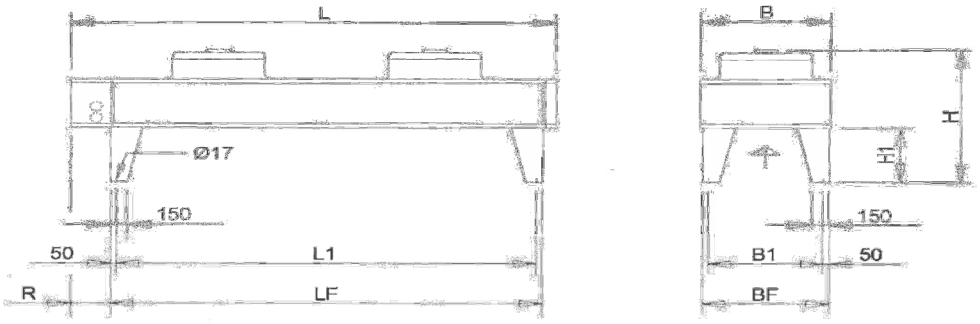
Date:	
Enquiry dated:	
Project:	Condenser
Quotation-no.:	FG1015671/FA1019723
Item:	10
Reference:	Grigor Grigorov

Condenser S-GVH 080.4D/2-M(S).E

Circuit no.:	1		
Refrigerant:	R134a[1]		
Capacity [kW]:	98.0 / 4.4		102.4 kW
Hot gas temp. [°C]:	77.0		
Condensation temperature [°C]:	45.1		
Subcooling [K]:	5.5		
Tube layers:	28 / 2		
Inlet connection [mm]:	54.0 / 54.0		
Outlet [mm]:	54.0 / 54.0		
Tube volume [l]:	101.2		101.2 l
Air flow:	32800 m³/h	Air inlet:	35.0 °C
Air velocity:	1.3 m/s		
Altitude:	200 m		
Fans:	2 Piece(s) 1~230V 50-60Hz	Noise pressure level:	41 dB(A)[2]
Data per motor (nominal data):		at a distance of:	5.0 m
Speed:	600 min-1	Noise power level:	68 dB(A)
Capacity (mech./el.):	0.32 kW/0.43 kW	ErP:	Compliant[3]
Current:	1.85 A[4]		
Total el. power consumption: 0.86 kW		Energy efficiency class:	E (2014)
Casing:	Galv. Steel, RAL 7035	Tubes:	Copper[5]
Surface:	808.3 m²	Fins:	Aluminum[5]
Fin spacing:	2.40 mm	Passes:	6 / 2
Dry weight:	712 kg[6]	Distributions:	28/6
Max. operating pressure:	32.0 bar	PED classification:	Category I, module A[7]
Dimensions:[6]			
Length:	5000 mm		
Width:	1541 mm		
Height:	1830 mm[6]		
No. of legs:	4		

(S = Integrated subcooler(s) without tube connection)

Delivery time: 4 weeks[9] (Status: 2015-02-20)



File: EM/FGVH2in1x2_SI.emf

L	=	5000 mm	B	=	1541 mm	H	=	1830 mm
R	=	247 mm	L1	=	4505 mm	LF	=	4605 mm
B1	=	1405 mm	BF	=	1505 mm	H1	=	1000 mm

Attention: Drawing and dimensions not valid for all accessory options!

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

PRILOG VI

Izračun rashladnih komora

Cold room calculation

Linde Kältetechnik GesmbH
Glavna podruznica Zagreb
Zitnjak bb
HR - 10000 Zagreb
Fon.: +385/1/2484007
Fax.: +385/1/2484010
E-Mail : E-mail
Homepage : Internet

Fon.
Fax.

Project : Plant : O&G Planner :

Given values

Length	3,2	m	Width	2,7	m	Height	2,8	m	Area	8,64	m2	Volume	24,19	m3		
Temperature	6	°C	Humidity	90	%	Run. time	16	h/d	Cool. time	24	h					

Insulation	Area m2	Name	U-factors W/(m² K)	Outs. tem. °C	Outs. hum. %	Door heig. m	Door witdh m	Ac-rate 1/24h	Air ch. m3/24h
Wall 1 Length	8,96	Cell 100 mm	0,2	25	65	2	1	19,6	475
Wall 2 Width	7,56	Cell 100 mm	0,2	25					
Wall 3 Length	8,96	Cell 100 mm	0,2	25					
Wall 4 Width	7,56	Cell 100 mm	0,2	25					
Floor	8,64	Wall with 100 mm Ins.	0,35	15					
Ceiling	8,64	Cell 100 mm	0,2	25				Room size	

Persons	1	Number	5	h/24h	Light	10	W/m²	8	h/24h	Apparatus	0,5	kW	1 h/24h

Good category	Cooling good		Storage kg	Storage %	Loading kg/24h	Loading %	Stor. temp. °C	Cool. temp. °C
Vegetables	Vegetables	general	6096	70	1219	20	16	6

The calculations and results have to be checked by the user.

Calculated values according to 24 h/d

All values in kW	Wall 1 Length	Wall 2 Width	Wall 3 Length	Wall 4 Width	Floor	Ceiling	Total
Transmission	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,19
Air change	0,24						0,24
	Vegetables general						
Loading	0,96						0,96
	Persons	Light	Apparatus				
Others	0,05	0,03	0,02				0,10
Total							1,49

Calculated values according to running time of plant

Running time h/d	Capacity kW	Defrost time h/d	Defrost capacity kW	Fan capacity kW	Total capacity kW
14,00	2,55	1,50	0,00	0,15	2,70
15,00	2,38	1,50	0,00	0,14	2,52
16,00	2,23	1,50	0,00	0,13	2,36
17,00	2,10	2,00	0,00	0,12	2,22
18,00	1,99	2,00	0,00	0,11	2,10

Cold room calculation

Linde Kältetechnik GesmbH
Glavna podruznica Zagreb
Zitnjak bb
HR - 10000 Zagreb
Fon.: +385/1/2484007
Fax.: +385/1/2484010
E-Mail : E-mail
Homepage : Internet

Fon.
Fax.

Project : Plant : 50 WURST VB Planner :

Given values

Length	3,6	m	Width	3,2	m	Height	2,8	m	Area	11,52	m2	Volume	32,26	m3		
Temperature	12	°C	Humidity	90	%	Run. time	16	h/d	Cool. time	24	h					

Insulation	Area m2	Name	U-factors W/(m² K)	Outs. tem. °C	Outs. hum. %	Door heig. m	Door witdh m	Ac-rate 1/24h	Air ch. m3/24h
Wall 1 Length	10,08	Wall with 100 mm Ins.	0,35	27	65	2	1,1	43,5	1402
Wall 2 Width	8,96	Wall with 100 mm Ins.	0,35	27	65	2	1,1	43,5	1402
Wall 3 Length	10,08	Wall with 100 mm Ins.	0,35	27					
Wall 4 Width	8,96	Wall with 100 mm Ins.	0,35	27					
Floor	11,52	Wall with 100 mm Ins.	0,35	15					
Ceiling	11,52	Cell 100 mm	0,2	27				Door size	1 h/24h

Persons	1	Number	5	h/24h	Light	10	W/m²	8	h/24h	Apparatus	0,5	kW	1	h/24h

Good category	Cooling good		Storage kg	Storage %	Loading kg/24h	Loading %	Stor. temp. °C	Cool. temp. °C
Meat	Sausage	fresh	4355	50	871	20	12	12

The calculations and results have to be checked by the user.

Calculated values according to 24 h/d

All values in kW	Wall 1 Length	Wall 2 Width	Wall 3 Length	Wall 4 Width	Floor	Ceiling	Total
Transmission	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,03	0,25
Air change	0,58	0,58					1,16
	Sausage fresh						
Loading							0,00
	Persons	Light	Apparatus				
Others	0,04	0,04	0,02				0,10
Total							1,50

Calculated values according to running time of plant

Running time h/d	Capacity kW	Defrost time h/d	Defrost capacity kW	Fan capacity kW	Total capacity kW
14,00	2,58	1,50	0,00	0,14	2,72
15,00	2,41	1,50	0,00	0,13	2,53
16,00	2,26	1,50	0,00	0,12	2,37
17,00	2,12	2,00	0,00	0,11	2,23
18,00	2,00	2,00	0,00	0,10	2,11

Cold room calculation

Linde Kältetechnik GesmbH
Glavna podruznica Zagreb
Zitnjak bb
HR - 10000 Zagreb
Fon.: +385/1/2484007
Fax.: +385/1/2484010
E-Mail : E-mail
Homepage : Internet

Fon.
Fax.

Project : Plant : ANLIEFERUNG Planner :

Given values

Length	3,2	m	Width	2,7	m	Height	3,5	m	Area	8,64	m2	Volume	30,24	m3
Temperature	2	°C	Humidity	90	%	Run. time	12	h/12 h	Cool. time	12	h			

Insulation	Area m2	Name	U-factors W/(m² K)	Outs. tem. °C	Outs. hum. %	Door heig. m	Door witdh m	Ac-rate 1/12h	Air ch. m3/12h
Wall 1 Length	11,20	Cell 100 mm	0,2	25	65	1	2,1	8,7	262
Wall 2 Width	9,45	Cell 100 mm	0,2	25					
Wall 3 Length	11,20	Cell 100 mm	0,2	25					
Wall 4 Width	9,45	Cell 100 mm	0,2	25					
Floor	8,64	Wall with 100 mm Ins.	0,35	15					
Ceiling	8,64	Cell 100 mm	0,2	25				Room size	

Persons	1	Number	5	h/12h	Light	10	W/m²	8	h/12h	Apparatus	0,5	kW	1 h/12h

Good category	Cooling good		Storage kg	Storage %	Loading kg/12h	Loading %	Stor. temp. °C	Cool. temp. °C
Dairy	Dairy	general	9798	60	1960	20	12	2

The calculations and results have to be checked by the user.

Calculated values according to 12 h/d

All values in kW	Wall 1 Length	Wall 2 Width	Wall 3 Length	Wall 4 Width	Floor	Ceiling	Total
Transmission	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,27
Air change	0,32						0,32
	Dairy general						
Loading	1,59						1,59
	Persons	Light	Apparatus				
Others	0,11	0,06	0,04				0,21
Total							2,38

Calculated values according to running time of plant

Running time h/12h	Capacity kW	Defrost time h/12h	Defrost capacity kW	Fan capacity kW	Total capacity kW
10,00	2,86	1,00	1,54	0,18	3,19
11,00	2,60	1,00	1,39	0,16	2,89
12,00	2,38	1,00	1,27	0,15	2,64
13,00	2,20	1,50	1,17	0,13	2,47
14,00	2,04	1,50	1,08	0,12	2,28

Cold room calculation

Linde Kältetechnik GesmbH
Glavna podruznica Zagreb
Zitnjak bb
HR - 10000 Zagreb
Fon.: +385/1/2484007
Fax.: +385/1/2484010
E-Mail : E-mail
Homepage : Internet

Fon.
Fax.

Project : Plant : 51 WURST/MOPRO Planner :

Given values

Length	4,7	m	Width	2,7	m	Height	2,8	m	Area	12,69	m2	Volume	35,53	m3
Temperature	2	°C	Humidity	90	%	Run. time	16	h/d	Cool. time	24	h			

Insulation	Area m2	Name	U-factors W/(m² K)	Outs. tem. °C	Outs. hum. %	Door heig. m	Door witdh m	Ac-rate 1/24h	Air ch. m3/24h
Wall 1 Length	13,16	Cell 100 mm	0,2	25	65	2,2	1	15,8	563
Wall 2 Width	7,56	Cell 100 mm	0,2	10	65	2,2	1	15,8	563
Wall 3 Length	13,16	Cell 100 mm	0,2	25					
Wall 4 Width	7,56	Cell 100 mm	0,2	25					
Floor	12,69	Wall with 100 mm Ins.	0,35	15					
Ceiling	12,69	Cell 100 mm	0,2	25				Room size	

Persons	1	Number	5	h/24h	Light	10	W/m²	8	h/24h	Apparatus	0,5	kW	1 h/24h

Good category	Cooling good		Storage kg	Storage %	Loading kg/24h	Loading %	Stor. temp. °C	Cool. temp. °C
Meat	Beefsteak	fresh	7835	70	1567	20	12	2

The calculations and results have to be checked by the user.

Calculated values according to 24 h/d

All values in kW	Wall 1 Length	Wall 2 Width	Wall 3 Length	Wall 4 Width	Floor	Ceiling	Total
Transmission	0,06	0,01	0,06	0,03	0,06	0,06	0,28
Air change	0,34	0,08					0,43
	Beefsteak fresh						
Loading	0,58						0,58
	Persons	Light	Apparatus				
Others	0,05	0,04	0,02				0,12
Total							1,41

Calculated values according to running time of plant

Running time h/d	Capacity kW	Defrost time h/d	Defrost capacity kW	Fan capacity kW	Total capacity kW
14,00	2,42	1,50	1,29	0,15	2,70
15,00	2,26	1,50	1,20	0,14	2,51
16,00	2,11	1,50	1,12	0,13	2,35
17,00	1,99	2,00	1,05	0,12	2,23
18,00	1,88	2,00	0,99	0,11	2,10

Cold room calculation

Linde Kältetechnik GesmbH
Glavna podruznica Zagreb
Zitnjak bb
HR - 10000 Zagreb
Fon.: +385/1/2484007
Fax.: +385/1/2484010
E-Mail : E-mail
Homepage : Internet

Fon.
Fax.

Project : Plant : 52 FLEISCH Planner :

Given values

Length	3,2	m	Width	2,4	m	Height	2,8	m	Area	7,68	m2	Volume	21,5	m3		
Temperature	0	°C	Humidity	90	%	Run. time	16	h/d	Cool. time	24	h					

Insulation	Area m2	Name	U-factors W/(m² K)	Outs. tem. °C	Outs. hum. %	Door heig. m	Door witdh m	Ac-rate 1/24h	Air ch. m3/24h
Wall 1 Length	8,96	Cell 80 mm	0,24	25	65	2,1	1,1	21	451
Wall 2 Width	6,72	Cell 80 mm	0,24	25					
Wall 3 Length	8,96	Cell 80 mm	0,24	25					
Wall 4 Width	6,72	Cell 80 mm	0,24	25					
Floor	7,68	Wall with 100 mm Ins.	0,35	15					
Ceiling	7,68	Cell 80 mm	0,24	25				Room size	

Persons	1	Number	5	h/24h	Light	10	W/m²	8	h/24h	Apparatus	0,5	kW	1	h/24h

Good category	Cooling good		Storage kg	Storage %	Loading kg/24h	Loading %	Stor. temp. °C	Cool. temp. °C
Meat	Meat	general	4064	60	1219	30	10	0

The calculations and results have to be checked by the user.

Calculated values according to 24 h/d

All values in kW	Wall 1 Length	Wall 2 Width	Wall 3 Length	Wall 4 Width	Floor	Ceiling	Total
Transmission	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,27
Air change	0,30						0,30
	Meat general						
Loading	0,45						0,45
	Persons	Light	Apparatus				
Others	0,06	0,03	0,02				0,10
Total							1,13

Calculated values according to running time of plant

Running time h/d	Capacity kW	Defrost time h/d	Defrost capacity kW	Fan capacity kW	Total capacity kW
14,00	1,93	1,50	1,09	0,12	2,17
15,00	1,80	1,50	1,01	0,11	2,02
16,00	1,69	1,50	0,95	0,11	1,89
17,00	1,59	2,00	0,89	0,10	1,80
18,00	1,50	2,00	0,84	0,10	1,69

Cold room calculation

Linde Kältetechnik GesmbH
Glavna podruznica Zagreb
Zitnjak bb
HR - 10000 Zagreb
Fon.: +385/1/2484007
Fax.: +385/1/2484010
E-Mail : E-mail
Homepage : Internet

Fon.
Fax.

Project : Plant : 53 FLEISCH VB Planner :

Given values

Length	3	m	Width	4	m	Height	3,5	m	Area	12	m2	Volume	42	m3		
Temperature	12	°C	Humidity	90	%	Run. time	16	h/d	Cool. time	24	h					

Insulation	Area m2	Name	U-factors W/(m² K)	Outs. tem. °C	Outs. hum. %	Door heig. m	Door witdh m	Ac-rate 1/24h	Air ch. m3/24h
Wall 1 Length	10,50	Cell 60 mm	0,32	25	65	2,2	1	32,1	1347
Wall 2 Width	14,00	Cell 60 mm	0,32	25	65	2	1	27,8	1167
Wall 3 Length	10,50	Cell 60 mm	0,32	25					
Wall 4 Width	14,00	Cell 60 mm	0,32	25					
Floor	12,00	Cell 60 mm	0,32	15					
Ceiling	12,00	Cell 60 mm	0,32	25				Door size	1 h/24h

Persons	1	Number	5	h/24h	Light	10	W/m²	8	h/24h	Apparatus	1	kW	24 h/24h

Good category	Cooling good		Storage kg	Storage %	Loading kg/24h	Loading %	Stor. temp. °C	Cool. temp. °C
Meat	Meat	general	6615	50	1323	20	18	12

The calculations and results have to be checked by the user.

Calculated values according to 24 h/d

All values in kW	Wall 1 Length	Wall 2 Width	Wall 3 Length	Wall 4 Width	Floor	Ceiling	Total
Transmission	0,04	0,06	0,04	0,06	0,01	0,05	0,27
Air change	0,45	0,39					0,84
	Meat general						
Loading	0,29						0,29
	Persons	Light	Apparatus				
Others	0,04	0,04	1,00				1,08
Total							2,48

Calculated values according to running time of plant

Running time h/d	Capacity kW	Defrost time h/d	Defrost capacity kW	Fan capacity kW	Total capacity kW
14,00	4,25	1,50	0,00	0,25	4,50
15,00	3,97	1,50	0,00	0,23	4,20
16,00	3,72	1,50	0,00	0,21	3,93
17,00	3,50	2,00	0,00	0,20	3,70
18,00	3,31	2,00	0,00	0,19	3,49

Cold room calculation

Linde Kältetechnik GesmbH
Glavna podruznica Zagreb
Zitnjak bb
HR - 10000 Zagreb
Fon.: +385/1/2484007
Fax.: +385/1/2484010
E-Mail : E-mail
Homepage : Internet

Fon.
Fax.

Project : Plant : 18 BCKW TKZ Planner :

Given values

Length	3,5	m	Width	2	m	Height	2,8	m	Area	7	m2	Volume	19,6	m3
Temperature	-12	°C	Humidity	90	%				Run. time	16	h/d	Cool. time	24	h

Insulation	Area m2	Name	U-factors W/(m² K)	Outs. tem. °C	Outs. hum. %	Door heig. m	Door witdh m	Ac-rate 1/24h	Air ch. m3/24h
Wall 1 Length	9,80	Cell 140 mm	0,16	30	65	2,1	1,1	16,6	326
Wall 2 Width	5,60	Cell 140 mm	0,16	25					
Wall 3 Length	9,80	Cell 140 mm	0,16	25					
Wall 4 Width	5,60	Cell 140 mm	0,16	25					
Floor	7,00	Cell 140 mm	0,16	15					
Ceiling	7,00	Cell 140 mm	0,16	25				Room size	

Persons	1	Number	5	h/24h	Light	10	W/m²	8	h/24h	Apparatus	0,5	kW	1	h/24h

Good category	Cooling good		Storage kg	Storage %	Loading kg/24h	Loading %	Stor. temp. °C	Cool. temp. °C
Pastry	Bakery pr.	general	3704	60	333	9	12	-12

The calculations and results have to be checked by the user.

Calculated values according to 24 h/d

All values in kW	Wall 1 Length	Wall 2 Width	Wall 3 Length	Wall 4 Width	Floor	Ceiling	Total
Transmission	0,07	0,03	0,06	0,03	0,03	0,04	0,26
Air change	0,37						0,37
	Bakery pr. general						
Loading	0,66						0,66
	Persons	Light	Apparatus				
Others	0,07	0,02	0,02				0,12
Total							1,41

Calculated values according to running time of plant

Running time h/d	Capacity kW	Defrost time h/d	Defrost capacity kW	Fan capacity kW	Total capacity kW
14,00	2,41	1,50	1,78	0,19	2,79
15,00	2,25	1,50	1,69	0,18	2,60
16,00	2,11	1,50	1,61	0,17	2,43
17,00	1,99	2,00	1,54	0,16	2,33
18,00	1,88	2,00	1,48	0,16	2,20